



TUGAS AKHIR - ME091329

PERANCANGAN HIBRID SOLAR CELL PADA KAPAL
PATROLI FIBER UNTUK PEMANTAUAN PERAIRAN
PANTAI DAN PELABUHAN

RIDHA ADLIN
NRP 4208 100 008

Dosen Pembimbing I
Ir. H. Agus Santoso, M.Sc, M.Phil.

Dosen Pembimbing II
Irfan Syarif Arief, ST, MT.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



PERANCANGAN HIBRID SOLAR CELL PADA KAPAL PATROLI FIBER UNTUK PEMANTAUAN PERAIRAN PANTAI DAN PELABUHAN

RIDHA ADLIN
NRP 4208 100 008

Dosen Pembimbing I
Ir. H. Agus Santoso, M.Sc, M.Phil.

Dosen Pembimbing II
Irfan Syarif Arief, ST, MT.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



DESIGN OF HYBRID SOLAR CELL ON FIBER PATROL BOAT FOR MONITORING THE COASTAL WATERS AND PORTS

RIDHA ADLIN
NRP 4208 100 008

ADVISOR I
Ir. H. Agus Santoso, M.Sc, M.Phil.

ADVISOR II
Irfan Syarif Arief, ST, MT.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Ocean Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN HIBRID SOLAR CELL PADA KAPAL PATROLI FIBER UNTUK PEMANTAUAN PERAIRAN PANTAI DAN PELABUHAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
RIDHA ADLIN
4208 100 008

Disetujui Oleh Pembimbing Skripsi :

1. Ir. H. Agus Santoso, M.Sc, M.Phil.....
2. Irfan Syarief, ST, MT.

Surabaya
Juli, 2014

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN HIBRID SOLAR CELL PADA KAPAL PATROLI FIBER UNTUK PEMANTAUAN PERAIRAN PANTAI DAN PELABUHAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacture And Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
RIDHA ADLIN
4208 100 008

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS

Dr.Ir. AA. Masroeri M.Eng

Surabaya
Juli, 2014

PERANCANGAN HIBRID SOLAR CELL PADA KAPAL PATROLI FIBER UNTUK PEMANTAUAN PERAIRAN PANTAI DAN PELABUHAN

Nama Mahasiswa : Ridha Adlin.
NRP : 4208 100 008.
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan.
Dosen Pembimbing : Ir. H. Agus Satoso, M.Sc. M, Phil.
: Irfan Syarief Arief, ST.MT.

Abstrak

Kapal patroli fiber merupakan salah satu teknologi kendaraan maritim yang berfungsi menjaga keamanan perairan pantai dan pelabuhan. Kapal patroli harus dapat beroperasi lama dan dapat melakukan pengejaran ketika ada tindak kriminal. Untuk itu digunakan teknologi hibrid untuk mengatasi masalah tersebut. Hibrid yang digunakan adalah penggabungan antara energi matahari dengan bahan bakar fosil. Perancangan ini digunakan teknologi solar cell dan motor bakar yang penggunaannya dikombinasikan untuk memanfaatkan energi tersebut. Solar cell yang digunakan pada perancangan ini adalah photovoltaic flexible dengan sejumlah 30 panel. Daya yang dihasilkan dari panel adalah 3360 watt untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan maksimal 6.77 knot pada kondisi patroli. Pada kondisi pengejaran dibutuhkan kecepatan tinggi yang didesain sebesar 25 knot dengan kebutuhan daya 175.73 kW yang dihandle oleh motor bakar.

Keyword : Hibrid, Solar Cell, Kapal Patroli.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DESIGN OF HYBRID SOLAR CELL ON FIBER PATROL BOAT FOR MONITORING THE COASTAL WATERS AND PORTS

Name : Ridha Adlin.
NRP : 4208 100 008.
Departement : Teknik SistemPerkapalan.
Advisor : Ir. H.Agus Satoso,M.Sc.M,Phil.
: Irfan Syarief Arief,ST.MT.

Abstract

Patrol boats fiber is one of the maritime transport technology that serves to maintain the security of the coastal waters and harbor. Patrol boats should be able to operate longer and can chase when there is a crime. For that use hybrid technology to overcome these problems. Used hybrid is the combination of solar energy with fossil fuels. This design used solar cell technology and its use motor fuel are combined to harness the energy. Solar cells are used in this design is flexible photovoltaic panels with a number 30. The power generated from the panels is 3360 watts to drive the ship at a maximum speed of 6.77 knots on patrol conditions. In pursuit of necessary conditions that are designed for high speed of 25 knots with a 175.73 kW power requirements are handled by the internal combustion engine.

Keyword : Hybrid, Solar Cell, Patrol Boats.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah – Nya sehingga Saya menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan kita nabi akhir zaman nabi Muhammad SAW.

Dalam skripsi ini penulis mengambil judul
**“PERANCANGAN HIBRID SOLAR CELL
PADA KAPAL PATROLI FIBER UNTUK
PEMANTAUAN PERAIRAN PANTAI DAN
PELABUHAN”.**

Banyak dorongan dan bantuan yang penulis dapatkan selama penyusunan hingga terselesaikannya Skripsi ini. Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, ayah Ahmad Manai dan ibu Yuliani yang telah berkorban jiwa dan raga membesarkanku, dengan air mata mendoakanku agar dapat meraih gelar sarjana. Serta adik – adikku, Ilham dan Ofa yang memberikan doa agar terselesaikannya kuliahku. Terima kasih sekali lagi buat keluargaku atas doa – doa yang tak
2. Bapak Alam Baheramsyah M.Sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
3. Bapak Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc. selaku dosen wali.
4. Bapak Ir. H, Agus Santoso, M.Sc, M.Phil. dan Bapak Irfan Syarif Arief, St, MT.. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membantu dalam memberikan petunjuk di dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Teman – teman Staplezt dan Kos Gebang Lor 62 yang memotivasi agar skripsi selesai.

6. Teman – teman BIREME 2008 yang tidak biasa saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dorongan agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
7. Teman – teman sesama pengambil skripsi bidang MMD, terima kasih atas kekompakannya.
8. Serta berbagai pihak yang telah membantu dan tidak bisa disebutkan satu persatu karena terlalu banyaknya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat berharap adanya koreksi, saran dan kritik sehingga dapat memperbaiki untuk penulisan berikutnya.

Akhir kata semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun penulis untuk bahan penulisan selanjutnya. Amin

Surabaya, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HalamanJudul.....	i
LembarPengesahan.....	iii
Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
Kata Pengantar.....	xi
Daftar Isi.....	xiii
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Tabel.....	xvii

BAB I	1
--------------------	---

PENDAHULUAN	1
--------------------------	---

I.1. Latar Belakang.....	1
--------------------------	---

I.2. Perumusan Masalah.....	2
-----------------------------	---

I.3. Batasan Masalah.....	2
---------------------------	---

I.4. Tujuan Penulisan Skripsi.....	3
------------------------------------	---

I.5. Manfaat Penulisan Skripsi.....	3
-------------------------------------	---

BAB II	5
---------------------	---

TINJAUAN PUSTAKA	5
-------------------------------	---

II.1. Kapal Patroli.....	5
--------------------------	---

II.2. Solar Cell.....	6
-----------------------	---

II.2.1. Macam-Macam Jenis Solar Cell.....	8
---	---

II.2.2. Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik.....	10
--	----

II.2.3. Kapasitas Baterai.....	10
--------------------------------	----

II.2.4. Kapasitas Fotovoltaik Yang Dibutuhkan.....	11
--	----

II.2.5. Kinerja Solar Cell.....	11
---------------------------------	----

II.2.6. Faktor Pengoperasian Solar Cell.....	12
--	----

II.2.7. Potovoltaics (PV) Generator.....	14
II.2.8. Komponen Penyusun Solar Cell.....	15
BAB III	17
METODOLOGI	17
III.1. Diagram Alur.....	17
III.2. Alur Pengerjaan.....	17
BAB IV	21
ANALISA DAN PEMBAHASAN	21
IV.1. Mendesain Bentuk Kapal	21
IV.2. Menghitung Luasan Untuk Panel.....	22
IV.3. Menghitung Kecepatan Operasional dan Maksimal Kapal Pada Kondisi Patroli.....	24
IV.4. Mendesain Sistem Penggerak	26
IV.4.1. Merancang Rangkaian Panel.....	26
IV.4.2. Perhitungan Charge Controller	30
IV.4.3. Perancangan Sistem Baterai.....	31
IV.4.4. Perhitungan Inverter.....	33
IV.4.5. Menentukan Motor Tempel Otto.....	35
IV.5. Menentukan Alat-Alat Navigasi Dan Penerangan	36
IV.5.1. Alat-Alat Navigasi	36
IV.5.2. Alat-Alat Penerangan.....	37
IV.6. Mendesain Rencana Umum	38
IV.6.1. Gambar Rencana Umum	38
IV.6.2. Penentuan Letak Solar Panel.....	39
BAB V	43

KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1.KESIMPULAN	43
5.2.SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Spektrum Radiasi Sinar Matahari.....	7
Gambar 2. 2 Radiative Transition of Solar Cell.....	7
Gambar 2. 3 Photovoltaic Panel.....	9
Gambar 2. 4 Diagram Block Sistem Solar Modul.....	10
Gambar 2. 5 Grafik I-V Curve	12
Gambar 2. 6 Grafik I-V Curve Efek Suhu Terhadap Voltage.....	13
 Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Skripsi.....	 18
 Gambar 4. 1 Pandangan Isometri Lambung.....	 21
Gambar 4. 2 Lines Plan Kapal Patroli.....	22
Gambar 4. 3 Grafik Power-Speed	25
Gambar 4. 4 Diagram Block Sistem Solar Cell.....	26
Gambar 4. 5 Spesifikasi Electrical Outboard Engine.....	27
Gambar 4. 6 Susunan Rangkaian Solar Panel	29
Gambar 4. 7 Rangkaian Listrik Solar Cell	34
Gambar 4. 8 Grafik Power Speed Motor Otto.....	35
Gambar 4. 9 Gambar Tampak Membujur Dan Melintang	38
Gambar 4. 10 Gambar Tampak Atas.....	38
Gambar 4. 11 Gambar Tampak Atas Deck	39
Gambar 4. 12 Letak Solar Panel Atas	39
Gambar 4. 13 Letak Solar Panel Samping	40
Gambar 4. 14 General Arrangement	41
Gambar 4. 15 Solar Panel Possition	42



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan Daya Solar Panel	23
Table 4.2Tabel Daya Alat Navigasi Komunikasi.....	36
Table 4.2Tabel Daya Alat Penerangan.....	37



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sebagian besar wilayah Indonesia adalah bentuk kepulauan. Sehingga transportasi laut sangat dibutuhkan di Indonesia dalam menunjang perekonomian dan kesejahteraan rakyat. Banyaknya pelabuhan dan pantai-pantai di Indonesia harus juga didukung dengan keamanan perairan yang baik. Patroli perairan untuk menjaga dan memantau aktifitas-aktifitas pelabuhan dan perairan adalah penting. Untuk mempermudah pengawasan dan pemantauan perairan di wilayah pesisir dan pelabuhan diperlukan kapal patroli yang dapat beroperasi terus dan menghemat energi dan tidak mencemari lingkungan perairan.

Dengan seiring berkembangnya teknologi, kendaraan-kendaraan di dunia banyak menggunakan teknologi hybrid yang ramah lingkungan. Juga kapal patroli dapat dikembangkan dengan menggunakan berbagai macam penggerak. Salah satu Energi yang ramah lingkungan dan mudah didapat adalah energi matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan untuk penggerak pada kendaraan juga pada kapal patroli dengan menggunakan teknologi solar cell. Dengan adanya kapal patroli yang memanfaatkan solar cell akan dapat mengurangi polusi.

Fungsi utama kapal patroli adalah pemantauan dan pengawasan keamanan perairan. Kapal patroli harus dapat beroperasi lama dan dapat melakukan pengejaran ketika ada suatu tindak kriminal di perairan. Karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat *perancangan hybrid solar cell pada kapal patroli fiber untuk pemantauan perairan pantai dan pelabuhan*. Kapal patroli dalam fungsinya sebagai kendaraan pemantauan dan pengawasan harus dapat berpatroli terus menerus. Agar menghemat energi dalam keadaan patroli kapal dapat menggunakan penggerak solar cell. Sedangkan dalam fungsinya

sebagai pengejaran kapal harus dapat bergerak cepat. Dalam hal ini penggerak kapal digunakan motor bakar karena motor bakar dapat menggerakkan kapal dengan cepat.

Dengan adanya kapal patroli fiber hybrid diharapkan dapat menggantikan kapal patroli lama yang boros dan dapat encemari perairan dengan yang baru yang hemat dan ramah lingkungan. Selain itu juga diharapkan dapat mengurangi biaya operasional karena bahan bakar yang digunakan lebih sedikit.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat pada perancangan hybrid solar cell pada kapal patroli fiber dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang bentuk bodi kapal yang mampu mengcover panel surya sebesar mungkin pada kapal patroli fiber hibrid.
2. Bagaimana sistem kerja dan instalasi solar cell untuk penggerak.
3. Berapa energi total yang dihasilkan penggerak hibrid solar cell.
4. Berapa kecepatan maksimal yang dihasilkan kapal patroli fiber dengan menggunakan motor elektris bertenaga solar cell.

I.3. Batasan Masalah

Untuk menegaskan dan lebih memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian Tugas Akhir ini, maka akan dibatasi permasalahan-permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Ukuran kapal 8 meter
2. Daya angkut 4 orang
3. Motor yang digunakan adalah jenis motor tempel
4. Perhitungan stabilitas dan konstruksi diabaikan

I.4. Tujuan Penulisan Skripsi

Tujuan perancangan kapal patroli fiber hibrid dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui bentuk rancangan bodi yang mampu mengcover panel surya pada kapal patroli fiber
2. Mengetahui sistem kerja dan instalasi penggerak hibrid solar cell.
3. Mengetahui energi total yang dihasilkan penggerak hibrid.
4. Mengetahui kecepatan maksimal yang dihasilkan penggerak motor bakar dan solar cell.

I.5. Manfaat Penulisan Skripsi

Manfaat yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Merekomendasikan untuk penggunaan teknologi Hibrid Solar Cell pada kapal-kapal patroli yang lebih ramah lingkungan.
2. Mengurangi biaya operasional dan mengurangi polusi akibat banyaknya gas buang yang ditimbulkan pembakaran pada motor bakar.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Kapal Patroli

Kapal patroli adalah kapal yang digunakan untuk aktifitas patroli di wilayah perairan. Terdapat beberapa macam jenis kapal patroli yang ada di dunia saat ini yaitu:

a. Kapal perang patroli baja

Kapal patroli ini sering disebut juga kapal perang. Fungsi dari kapal ini adalah untuk patroli wilayah perairan perbatasan negara dan digunakan juga sebagai kapal pengejaran dan penangkapan tindak pelanggaran hukum di perairan negara. Kapal ini dilengkapi senjata untuk berperang. Karena itu sangat cocok untuk menjaga wilayah terluar dari negara.

b. Kapal patroli perairan pantai

Kapal patroli ini biasanya berukuran kecil dan terbuat dari fiber. Fungsi kapal patroli perairan adalah untuk memantau wilayah sekitar pantai dan pelabuhan. Untuk pengawasan aktifitas-aktifitas yang ada di perairan pantai dan pelabuhan. Biasanya kapal ini digunakan perusahaan-perusahaan kapal pelabuhan untuk menjaga wilayah workshop di pelabuhan, digunakan oleh polisi air yang menjaga pelabuhan, digunakan juga oleh pemegang /pengelola pelabuhan untuk pengawasan pelabuhan.

c. Kapal patroli amfibi

Kapal patroli ini menggunakan teknologi amfibi yaitu kendaraan yang dapat bergerak di air dan di darat. Kapal patroli

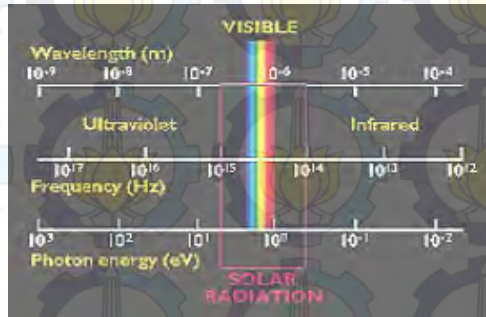
ini sangat cocok digunakan untuk pemantauan wilayah pulau-pulau terpencil yang sulit dijangkau oleh kendaraan lain.

II.2. Solar Cell

Solar energi adalah energi yang dihasilkan oleh matahari. Solar cell merupakan jenis energi yang renewable atau energi terbarukan. Energi yang dihasilkan solar cell tidak menimbulkan polusi dan hemat karena bersumber dari energi matahari yang sangat mudah didapat. Di negara-negara maju sudah banyak mengembangkan teknologi solar cell. Solar cell mendapatkan perhatian yang sangat besar oleh para peneliti-peneliti di negara-negara maju di dunia. Dan ini semakin diperkuat dengan adanya isu bersih lingkungan yang sangat marak digemborkan.

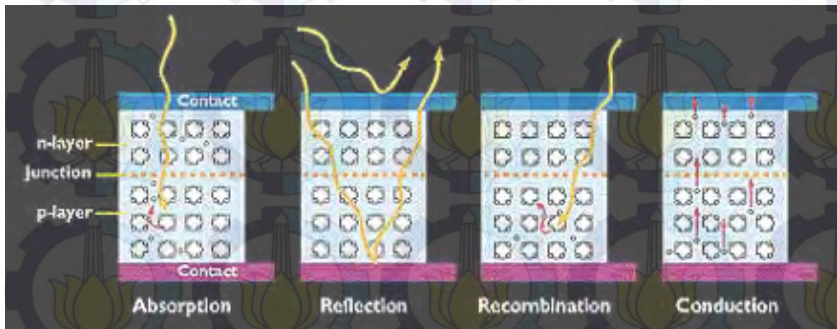
Konsep dasar kerja dari solar cell adalah merubah energi cahaya menjadi energi listrik. Solar cell terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran electron. Aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

Bagian utama perubah energi sinar matahari adalah absorber (penyerap) yang merubah energi matahari menjadi listrik. Sedangkan lapisan-lapisan yang lainnya berpengaruh pada efisiensi dari solar cell. Sinar matahari terdiri dari berbagai macam gelombang elektromagnetik yang secara spectrum dapat dilihat pada gambar. oleh karena itu absorber diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin solar radiation yang berasal dari cahaya matahari.



Gambar 2.1. spectrum radiasi sinar matahari

Sinar matahari terdiri dari photon-photon yang mana jika menimpa permukaan bahan solar cell (absorber) akan diserap, dipantulkan atau dilewatkan begitu saja, dan hanya foton dengan level energi tertentu saja yang akan membebaskan electron dari ikatan atomnya sehingga mengalirkan arus listrik. Untuk membebaskan electron dari ikatan kovalennya, energi foton (hc/v harus sedikit lebih besar atau diatas daripada energi band-gap, maka ekstra energi tersebut akan dirubah dalam bentuk panas pada solar cell. Sangatkah penting solar cell untuk mengatur bahan yang digunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor yang digunakan.



Gambar 2.2. radiative transition of solar cell

Agar efisiensi solar cell dapat tinggi, foton yang berasal dari sinar matahari harus dapat diserap sebanyak – banyaknya. Kemudian memperkecil refleksi dan rekombinasi serta memperbesar konduktivitas dari bahannya.

Agar dapat membuat foton yang diserap dapat sebanyak – banyaknya, maka absorber harus memiliki energi band-gap dengan range yang lebar, sehingga memungkinkan untuk dapat menyerap sinar matahari yang mempunyai energi sangat bermacam – macam.

II.2.1. Macam-Macam Jenis Solar Cell

Ada beberapa jenis solar cell yang memiliki efisiensi tinggi yang ada di pasaran yaitu:

Monokristal (Mono-crystalline)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

Polikristal (Poly-crystalline)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikan dengan proses pengecoran. Type ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan type monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

Thin Film Photovoltaic

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah Thin Film Triple Junction PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

Photovoltaic atau sel surya hingga kini masih menjadi pilihan terbaik untuk aplikasi peralatan-peralatan portabel. Dibandingkan dengan teknologi lain yang memanfaatkan energi terbarukan, sel surya sudah mencapai tingkat kematangan teknologi yang lebih tinggi, meski hingga kini harganya masih relatif mahal.

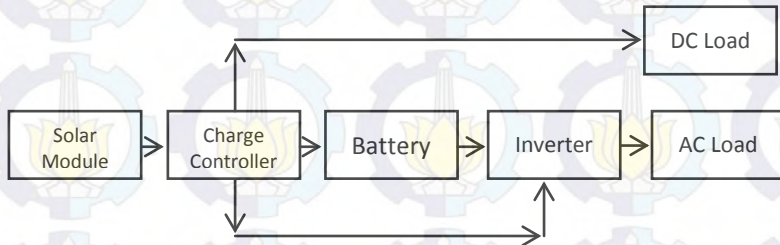


Gambar 2.3. Photovoltaic Panel

Keuntungan lain pemilihan bahan tersebut, menurut Dr.Ing. Niels Benson dari universitas Duisburg-Essen, adalah tidak diperlukannya pemrosesan dengan temperatur tinggi. Kondisi demikian memungkinkan pemakaian substrat fleksibel sebagai prasyarat penting didapatkannya sel surya yang dapat digulung.

II.2.2. Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik

Sistem tenaga surya fotovoltaik yang umum dipakai adalah sistem individu atau yang lebih sering dikenal dengan nama Solar Home System (SHS).



Gambar 2.4. Diagram Blok Sistem Solar Modul

Energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik oleh modul akan disalurkan ke charger control untuk mengatur pengisian energi listrik pada baterai. Dari charger controller dapat juga langsung digunakan untuk beban DC atau langsung masuk ke inverter untuk dirubah menjadi arus AC. Energi listrik yang dihasilkan baterai akan dikonversi oleh inverter dari arus searah DC menjadi arus bolak balik AC sehingga dapat dimanfaatkan pada beban.

Kondisi meteorologi yang paling dominan dalam mendesain sistem SHS adalah besarnya radiasi harian (Wh/m^2 hari), serta temperatur sekeliling, sedangkan kelembaban dan kecepatan angin tidak terlalu berpengaruh.

II.2.3. Kapasitas Baterai

Dalam menjamin sistem agar dapat beroperasi dengan baik dan selesai sesuai dengan kebutuhan beban, perlu diperhitungkan keadaan cuaca tanpa sinar matahari (autonomi days) yang pada umumnya dihitung selama 5 hari.

Menghitung kapasitas baterai digunakan rumus sebagai berikut.

$$C_b = \frac{E_b \times d}{V \times K_b}$$

Dimana:

E_b = [Energi yang dibutuhkan beban dalam sehari (W-jam)

V = Tegangan kerja Baterai

d = jumlah hari tanpa radiasi/tahun

K_b = efisiensi charging dan discarging baterai

II.2.4. Kapasitas Fotovoltaik Yang Dibutuhkan

Dalam menghitung kapasitas daya fotovoltaik yang dibutuhkan, akan sangat tergantung pada energi beban yang dibutuhkan dan radiasi matahari harian yang tersedia di lokasi. Menurut SNI 04-6394-2000 didefinisikan bahwa energi yang harus keluar oleh modul fotovoltaik

$$E_{\text{luaran harian rata-rata pada STC}} = P_{\text{rated STC}} \times H_{\text{radiasi harian rata-rata}}$$

Untuk memenuhi energi yang dibutuhkan oleh beban maka energi luaran harian rangkaian rata-rata harus ditambahkan energi yang hilang dala sistem terbesar 25% dari energi luaran harian rata-rata

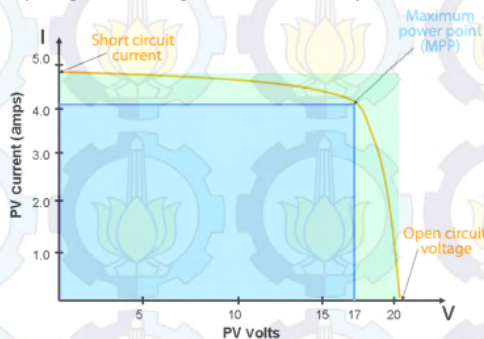
$$E_{\text{loss}} = 0.25 \times E_{\text{luaran harian rata-rata pada STC}}$$

$$E_{\text{yang dibutuhkan untuk memacu beban}} = E_{\text{beban harian rata-rata}} + E_{\text{loss}}$$

II.2.5. Kinerja Solar Cell

Dalam perancangan sebuah solar cell kita harus mengetahui hal-hal yang menunjang atau mempengaruhi kinerja solar cell dengan efisien. Solar cell dalam menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi photon) tidak bergantung pada besaran luasan bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar +- 0.5 volt – max. 600mV pada 2 amp6, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = "1$

sun” akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar $30\text{mA}/\text{cm}^2$ per sel surya. Pada Grafik I – V Curve yang menggambarkan keadaan sebuah sel surya beroperasi secara normal. Sel surya akan menghasilkan energi aksimum jika nilai V dan I_m juga maksimum. Sedangkan I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada nilai volt = nol; I_{sc} berbanding langsung dengan tersedianya sinar matahari. V_{oc} adalah volt aksimum pada nilai arus nol; V_{oc} naik secara logaritma dengan peningkatan sinar matahari, karakter ini yang memungkinkan sel surya untuk engisi accu.



Gambar 2.5. Grafik I-V Curve

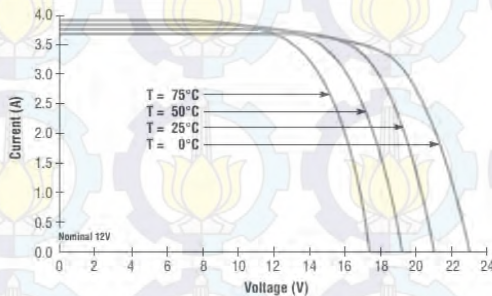
II.2.6. Faktor Pengoperasian Solar Cell

Adapun dalam pengoperasian maksimum sel surya sangat bergantung pada

- Ambient air temperature
- Radiasi solar atahari (insolation)
- Kecepatan angin bertiup
- Keadaan atosfir bumi
- Orientasi panel atau array PV
- Posisi letak sel surya (array) terhadap matahari (tilt angle)

Solar cell dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat celcius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV cell

akan melemahkan voltage (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur solar cell 1 derajat celcius (dari 25 d erajat) akan berkurang sekitar 0.4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur cell per 10 derajat celcius.



Gambar 2.6. Grafik I-V Curve efek suhu terhadap Voltage

Radiasi solar matahari di bumi dan berbagai lokasi variable, dan sangat bergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada Current (I_0 sedikit pada volt).

Kecepatan tiup angin di sekitar PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca PV array.

Keadaan atmosfir bumi – berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari deretan PV.

Orientasi dari rangkaian PV (array) ke arah matahari secara optiu adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi aksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi 9tilt angle) dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi maksium.

Untuk lokasi yang terletak di belahan utara latitude, maka panel/dereta PV sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur-barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel/deretan PV, tetapi tidak akan menjadi energi matahari optimum.

Tilt angle (sudut orientasi matahari) mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi aksimum kurang lebih 1000 W/m^2 akatu 1 kW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka ekstra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap sun altitude yang berubah setiap ja dalam sehari).

Solar panel PV pada equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar (tilt angle = 0) akan engasikan energi maksium, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan tilt angle yang optimum.

II.2.7. Potovoltaics (PV) Generator

Agar dapat memperoleh sejumlah voltage atau ampere yang dikehendaki, maka umumnya masing-masing sel surya dikaitkan satu sama lain baik secara hubungan seri aupun secara paralel untuk mebentuk suatu rangkaian PV yang lazim disebut Modul. Sebuah modul PV pada umumnya terdiri dari 36 cell atau 33 cell, dan 72 cell. Beberapa modul PV dihubungkan untuk membentuk satu rangkaian tertentu disebut PV panel. Sedangkan jika berderet-deret odul PV dihubungkan secara baris dan kolom disebut PV array.

Keterbatasan penyinaran matahari yang tidak selau bersinar terang setiap hari dapat diatasi dengan enggunakan baterai. Sehingga nantinya energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya dapat disimpan dalam baterai dan digunakan untuk kebutuhan di malam hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan

data bahwa sel surya menghasilkan arus listrik paling kuat untuk suplai pada jam 12-13 siang dengan sudut kemiringan optimum sebesar 15 derajat. (ari 2008).

II.2.8. Komponen Penyusun Solar Cell

Supaya solar cell dapat berfungsi dengan baik ada beberapa komponen penunjang yang harus diperhatikan antara lain:

a. Univercal Charger Control (UCC)

Fungsi alat ini adalah mengontrol aliran arus dari susunan modul fotovoltaik ke pengisian baterai dan melindungi baterai dari tingkat pengisian yang diperbolehkan, mencegah adri kejadian pengisian berlebihan ataupun kekurangan.

b. Inverter

Fungsi alat ini adalah mengubah tegangan input DC enjadi tegangan AC. Keluaran inverter dapat berupa tegangan yang dapat diatur dan tegangan tetap. Tegangan output yang dihasilkan biasanya adalah 120 V 60 Hz, 220 V 50 Hz, 115 V 400 hz. pada dasarnya fotovoltsik menghasilkan arus DC. Bila yang dibutuhkan arus AC, maka dapat dipenuhi dengan memasang alat perubah yang disebut inverter.

c. Baterai

Baterai merupakan sumber listrik yang diperoleh melalui proses kimia. Untuk endapatan energi listrik dengan waktu yang lama, dibutuhkan pelat positif dan pelat negatif cukup banyak.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

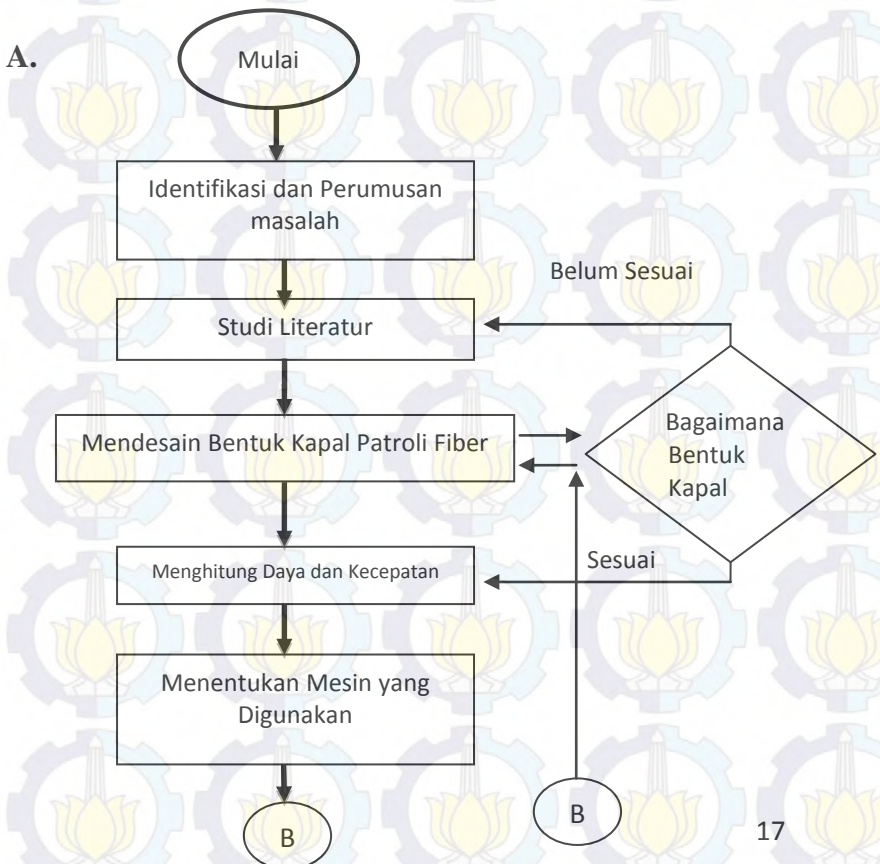
BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alur.

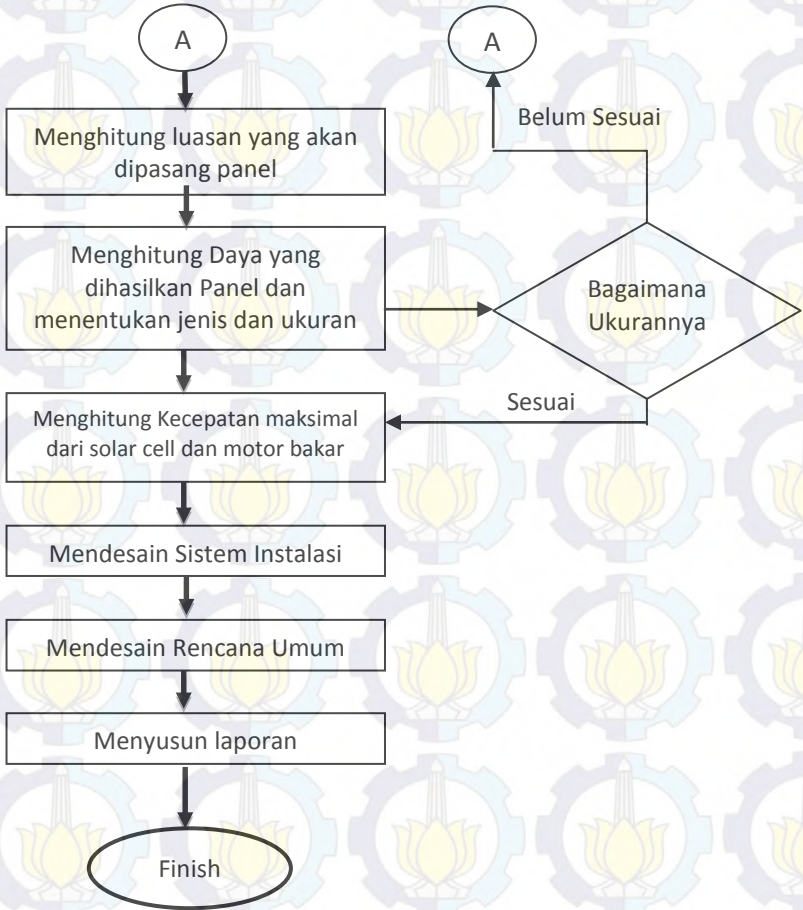
Dalam proses sebuah penelitian pastinya memiliki sebuah alur dalam mengerjakan penelitian tersebut sehingga di hasilkan sebuah hasil yang sesuai dengan yang di harapkan. Dalam pembahasan berikut ini akan dijelaskan bagaimana proses pengerjaan skripsi ini dari awal hingga akhir.

III.2. Alur Pengerjaan

Diagram alur pengerjaan skripsi ini dapat dilihat dibawah ini :



B.



Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Skripsi

1. Studi Literatur:

Studi literatur yang dilakukan meliputi pengumpulan teori-teori mendesain dan spesifikasi – spesifikasi peralatan serta pengumpulan paper yang membahas tentang teknologi solar cell. Selain itu juga dilakukan studi lapangan.

2. Mendesain Bentuk Kapal Patroli

Pada tahap ini digunakan software maxsurf untuk mendesain bentuk badan kapal. Bentuk badan kapal dibuat sedemikian rupa sehingga dapat bergerak dengan tenaga solar cell dan stabilitasnya baik.

3. Menghitung Daya dan Kecepatan

Setelah bentuk badan kapal didapat, selanjutnya adalah menganalisa perbandingan daya dan kecepatan dengan bantuan analisa software hullspeed.

4. Menghitung Luasan Panel Yang Akan Dipasang

Dari ukuran dimensi kapal yang didesain dapat dicari jumlah panel yang dapat dipasang. Kemudian menghitung total daya yang dihasilkan oleh panel tersebut. Sehingga bisa didapatkan kecepatan maksimal kapal yang dihasilkan solar cell.

5. Mendesain Sistem Instalasi

Pada tahap ini setelah panel dihitung dan didapat juga hasil perbandingan daya dan kecepatan, dapat dirancang sistem instalasi penggerak hibrid agar daya dapat tersalurkan menuju sistem propulsi dan menggerakkan kapal.

6. Mendesain Rencana Umum

Pada tahap ini setelah semua sistem terinstalasi berikutnya adalah merancang desain rencana umum kapal dimana tata letak peralatan dan kru ditentukan. Peletakan posisi solar panel juga dikerjakan pada tahap ini. Posisi harus sesuai dengan yang diinginkan yaitu solar panel dapat maksimal mendapatkan sinar matahari sebagai sumber daya. Pengaturan letak motor tempel juga dilakukan pada tahap ini.

BAB IV

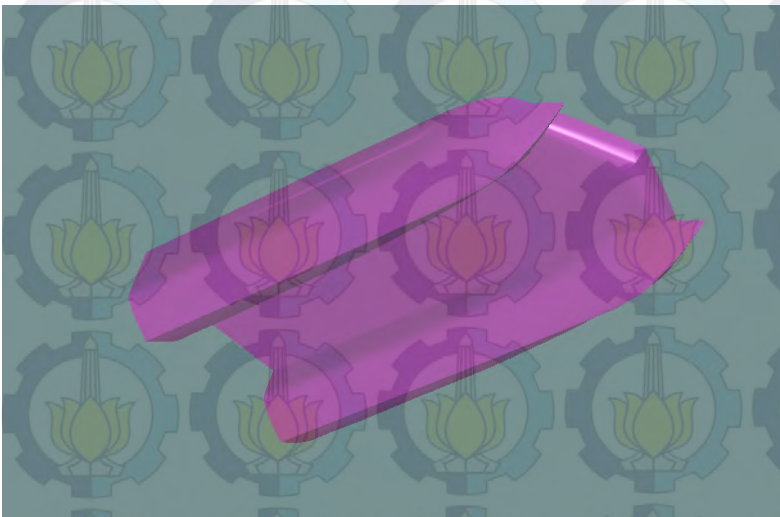
ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Mendesain Bentuk Kapal

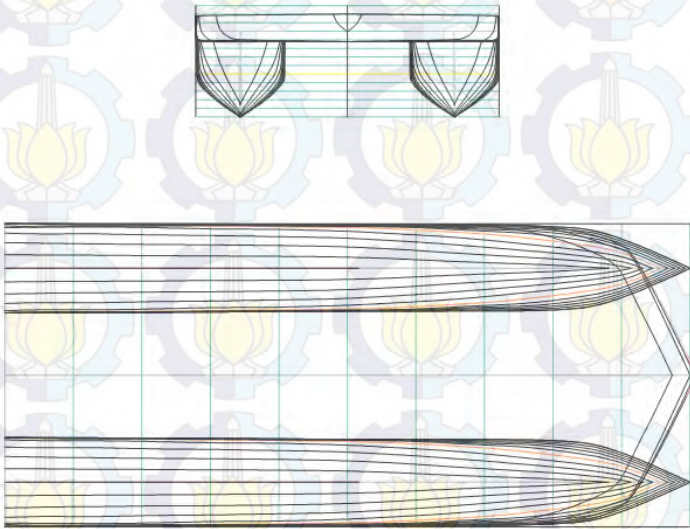
Dalam pengerjaan perancangan ini pertama yang dikerjakan adalah mendesain bentuk kapal. Dalam mendesain kapal patroli dibuat terlebih dahulu lines plan kapal dengan data kapal sebagai berikut.

Panjang L : 8 meter
Lebar B : 3.5 meter
Tinggi H : 1.3 meter
Sarat T : 0.5 meter

Mendesain rancangan lines plan kapal digunakan software maxsurf pro dengan data kapal yang dirancang. Kapal didesain dengan menggunakan 2 lambung yaitu katamaran.



Gambar 4.1. Pandangan Isometri Lambung



Gambar 4.2. Lines Plan Kapal Patroli

IV.2. Menghitung Luasan Untuk Panel

Dalam peletakan solar panel harus diatur semaksimal mungkin untuk solar panel dapat terpasang pada kapal bagian yang terkena sinar matahari agar menghasilkan daya sebanyak mungkin.

Dalam menentukan jenis dan ukuran solar panel, yang perlu dipertimbangkan adalah ukuran dari solar panel dan daya yang bisa dihasilkan oleh 1 solar panel tersebut. Pemilihan solar panel harus daya semaksimal ungkin dengan luasan yang sekecil mungkin agar dapat terpasang dengan baik di kapal yang mempunyai luasan terbatas.

Untuk menghitung daya maksimal yang dihasilkan solar panel yang terpasang pada kapal patroli, digunakan ruus berikut:

$$\text{Daya Max} = \text{Jumlah Panel} \times \text{Daya Per Panel}$$

Untuk mempermudah dalam pemilihan dibuat tabel perbandingan antara luasan dan daya panel dari tiap-tiap produk solar panel yang tersedia.

No	Solar Maker	Dimensi	Daya	satuan	Jumlah	Total daya
1	Solbian flexCP140L	1523 x 676 mm	144	Watt	18	2592
2	Solbian flexCP140Q	1046 x 996 mm	144	watt	18	2592
3	Solbian flexSP112Q	855 x 800 mm	112	watt	30	3360
4	Solbian flexSP125	1365 x 546 mm	125	watt	25	3125
5	Astronergy CHSM 6612P-305	1956 x 994 mm	304	watt	10	3040

Tabel 4.1. perbandingan daya solar panel

Pada tabel diatas didapat spesifikasi solar panel yang sangat cocok dengan desain kapal ini adalah solar panel dengan merk solbian flex SP112Q dengan spesifikasi:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Peak Power (+/- 5%) - Pmax	112 W
Rated Voltage - Vmp	20.0 V
Rated Current - Imp	5.7 A
Open Circuit Voltage - Voc	24.3 V
Short circuit Current - Isc	6 A
Temp. coeff. Pmax	-0.38%/°C
Temp. coeff. Voc	-0.27%/°C
Temp. coeff. Isc	0.05%/°C

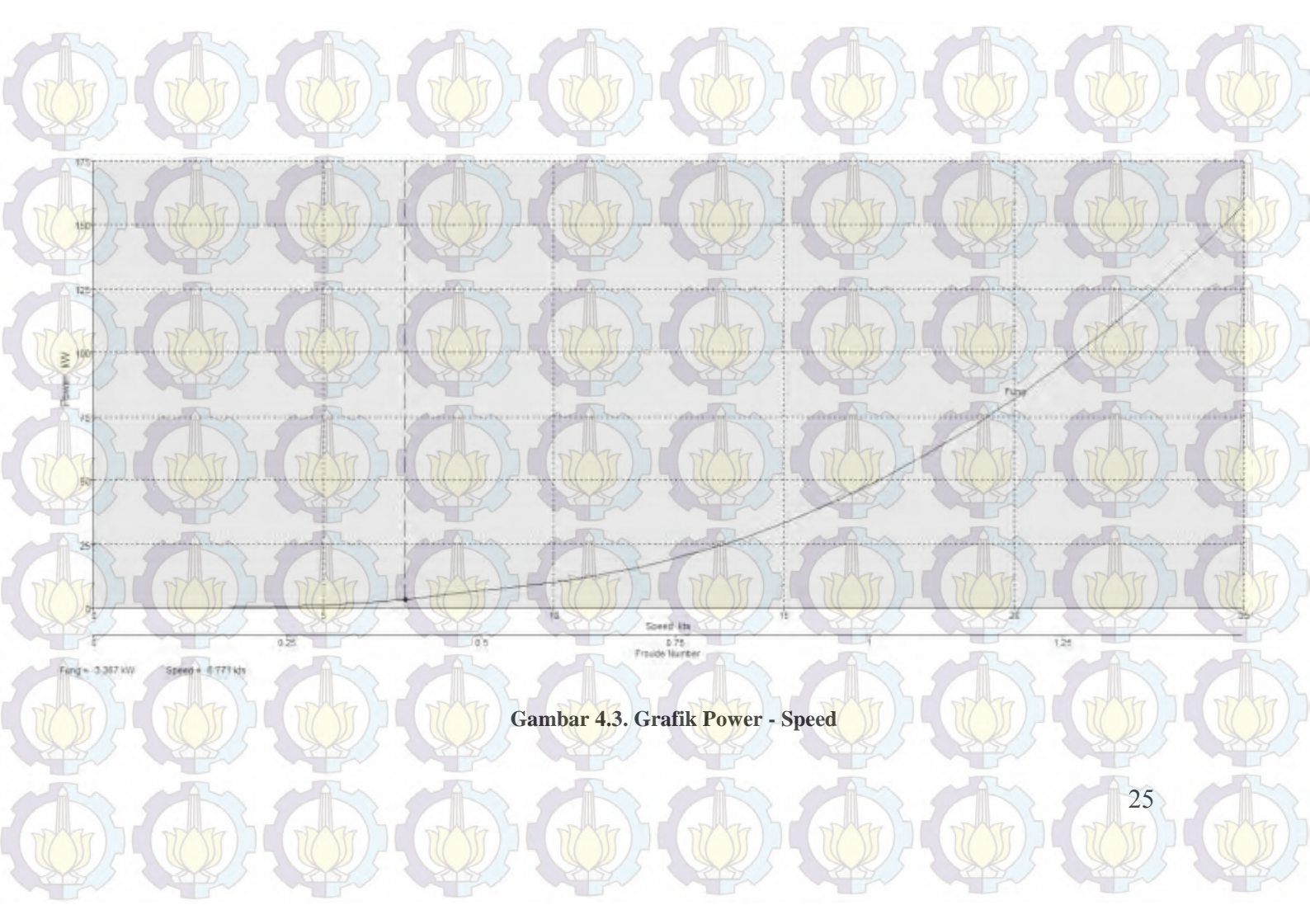
PHYSICAL CHARACTERISTICS

Length	855 mm
Width	800 mm
Thickness	2 mm
Weight	1.7 kg
Num. of cells	36

IV.3. Menghitung Kecepatan Operasional dan Maksimal Kapal Pada Kondisi Patroli

Untuk Kondisi Patroli kapal direncanakan bergerak dengan kecepatan 6 knot saja. Dengan menggunakan software hullspeed bisa dicari Tahanan, Daya dan Kecepatan Kapal Patroli dengan penggerak tenaga matahari. Perbandingan antara daya dan kecepatan kapal dapat dilihat pada Grafik Power-Speed. Untuk dapat bergerak pada kecepatan ini, kapal membutuhkan daya sebesar 2.17 kW yang didapat nilainya dari grafil power speed hullspeed.

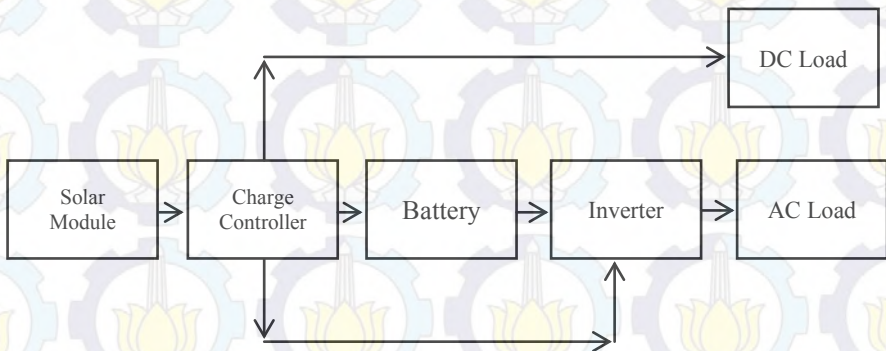
Setelah didapat daya maksimal dari panel, maka dapat dihitung dan dianalisa kecepatan maksimal dari kapal untuk menggunakan energi matahari. Dari hasil analisa hullspeed didapat pada daya 3.36 kW kecepatan kapal patroli dengan menggunakan solar cell maksimal 6,77 knot.



Gambar 4.3. Grafik Power - Speed

IV.4. Mendesain Sistem Penggerak

Dalam Perancangan hybrid solar cell dengan motor bakar pada kapal patroli, digunakan penggerak berupa motor tempel. Motor tempel yang digunakan ada 2 jenis yaitu motor tempel listrik dan motor tempel otto. Motor tempel listrik mendapatkan sumber energi dari listrik yang dihasilkan oleh system solar cell. Sedangkan untuk motor tempel otto sumber energi yang didapat adalah dari bahan bakar fosil yaitu bensin.



Gambar 4.4. Diagram Block Sistem Solar Cell

IV.4.1. Merancang Rangkaian Panel

Panel harus dirancang sedemikian rupa agar output dari seluruh panel dapat memenuhi kebutuhan input pada motor listrik. Dalam perancangan ini digunakan motor listrik AquaWatt dengan spesifikasi sebagai berikut:

Green Power AB 13 R and T	
Versions: Type T with tiller, Type R for remote use	
Transom height	20 inch
Nominal voltage	48/51 volts
Current max. AGM / Lithium	240/ 300 Amp
Power output AGM / LI Battery	10/ 13 KW
Battery system	48V AGM / 51V Li Ion
Plug connection type	SBE 320
Cabletype for remote installation	C2
Weight	52 Kg
Propeller size	9,25 bis 10 Zoll
Thrust with standard propeller	112 da N /135 da N
Thrust with thrust propeller	123 da N / 148 da N
Maximum speed	23 Knots
Range of use	Lakes, coast, rivers - suitable for salt water use



Gambar 4.5. Spesifikasi Electrical Outboard Engine

Angka yang harus terpenuhi agar motor listrik dapat beroperasi dengan baik adalah;

Nominal Voltage : 48 Volts
Current Max : maksimal 240 Amp

Rangkaian paralel dibuat seri dan paralel dengan cara sebagai berikut:

Menghitung jumlah Rangkaian seri yaitu dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah panel 1 Rangkaian Seri} &= \frac{V \text{ motor}}{\text{Tegangan Solar Panel}} \\
 &= 48 / 24 \\
 &= 2 \text{ panel}
 \end{aligned}$$

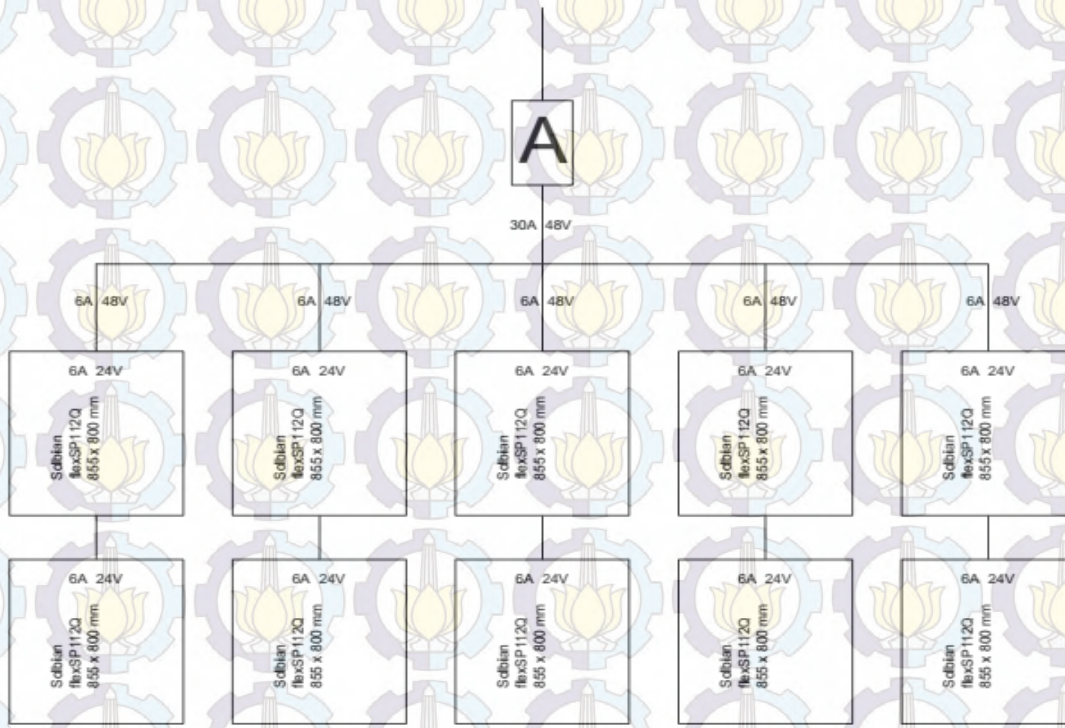
Pada perancangan ini, 2 panel seri diparalel dengan 5 panel seri lainnya sehingga total 1 set rangkaian modul adalah 10 panel. Dan untuk total rangkaian modul nya adalah

$$\begin{aligned}\text{Jumlah rangkaian modul} &= \text{Jumlah panel total} / 4 \\ &= 30 / 10 \\ &= 3 \text{ set rangkaian modul}\end{aligned}$$

Jadi total rangkaian modul adalah 3 rangkaian modul dengan masing-masing 2 panel dirangkai seri yang diparalelkan dengan 5 panel lain yang dirangkai seri juga.

$$\begin{aligned}\text{I output 1 modul} &= \text{Arus panel} \times \text{n rangkaian parallel per modul} \\ &= 6\text{A} \times 5 \\ &= 30 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{I output total} &= \text{I output modul} \times \text{jumlah modul} \\ &= 30 \text{ A} \times 3 \\ &= 90 \text{ A}\end{aligned}$$



Ket: A; Charge Controller

Gambar 4.6. Susunan Rangkaian Solar Panel

IV.4.2. Perhitungan Charge Controller

Arus yang dihasilkan pada solar cell adalah arus yang tidak stabil. Perlu adanya penstabil arus berupa charger controller agar arus yang dikirim ke penggerak atau baterai sesuai dengan permintaan baterai atau motor penggerak. Carger Controller berfungsi untuk mengontrol aliran arus dari susunan modul solar cell ke pengisian dan melindungi dari tingkat pengisian yang diperbolehkan, mencegah dari kejadian pengisian berlebihan atau kekurangan. Kerja dari charger controller yaitu:

Charging mode: Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh).

Operation mode: Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai kosong).

Pada perancangan ini, antara charger controller dengan rangkaian solar panel harus disesuaikan sedemikian rupa sehingga kebutuhan tegangan, arus, dan daya yang diberikan solar panel sesuai dengan yang diminta oleh charger controller. Arus pada 1 set rangkaian solar modul adalah 30 Ampere. Untuk pemilihan charger controller, diberikan penambahan sebesar 25% dari arus biasanya untuk menjaga adanya kemungkinan panel menghasilkan tenaga lebih dari biasanya yang karena disebabkan oleh adanya refleksi sinar matahari atau cuaca lebih cerah dari biasanya. Maka arus yang digunakan adalah minimal:

$$30 \text{ Ampere} + (30 \text{ Ampere} \times 0.25) = 37.5 \text{ Ampere}$$

Spesifikasi charger controller yang digunakan pada perancangan ini adalah:

Merk	: Tristar MPPT (TS-MPPT-45)
Max Battery Current	: 45 Ampere
Nominal Solar Input	: 48 Volt
Battery Operating Volt	: 8 – 72 Volt DC
Self Consumption	: 2.7 Watt

1 (satu) charger controller dapat mengcover 10 panel surya yang dirangkai seri dan paralel. Jumlah charger controller yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Charger (n)} &= \frac{\text{Jumlah Panel}}{10} \\ &= 30/10 \\ &= 3\end{aligned}$$

Jadi total jumlah charger controller yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 unit.

Arus Output Charger Controller

$$\begin{aligned}I &= \text{Arus Panel seri} \times 5 \\ &= 6 \text{ Ampere} \times 5 \\ &= 30 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

Arus Output Total Charger Controller

$$\begin{aligned}I \text{ total} &= I \times \text{Jumlah charger (n)} \\ &= 30 \text{ Ampere} \times 3 \\ &= 90 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

Daya maksimal yang dihasilkan charger controller

$$\begin{aligned}\text{Daya (P)} &= I \text{ total} \times V \text{ output} \\ &= 90 \text{ Ampere} \times 48 \text{ volt} \\ &= 4320 \text{ watt}\end{aligned}$$

IV.4.3. Perancangan Sistem Baterai

Demi menjaga agar sistem dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan beban, perlu direncanakan perancangan sistem baterai. Baterai digunakan untuk menyimpan daya yang dihasilkan solar cell. Daya yang disimpan baterai

dialokasikan untuk mesin bantu kapal patroli dan juga motor penggerak utama.

Sebelum menghitung baterai, terlebih dahulu menentukan daya konsumsi motor listrik dengan perhitungan sebagai berikut:

Daya yang dihasilkan solar cell adalah 3360 watt. Untuk menjaga agar kecepatan tetap stabil dengan jangka waktu yang lama, maka diasumsikan daya yang akan digunakan sebesar 80% dari daya sebenarnya.

$$80\% \times 3360 \text{ watt} = 2688 \text{ watt}$$

Panel solar cell ini digunakan selama 10 jam antara pukul 07.00 – 17.00 dan juga digunakan untuk mengisi baterai untuk suplai daya. Untuk menentukan jumlah baterai yang digunakan yaitu digunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya baterai min} &= \text{Daya operasional} \times \text{Lama operasional} \\ &= 2688 \times 10 \\ &= 26880 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AH required} &= \text{Daya Baterai min} / \text{Tegangan} \\ &= 26880 / 48 \\ &= 560 \text{ AH} \end{aligned}$$

Pada perancangan ini baterai yang digunakan adalah baterai jenis AGM merk solar one tipe B250 CA dengan tegangan 12 volt dan AH sebesar 212 Total Baterai yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{N baterai} &= \text{AH required} / \text{AH baterai} \\ &= 560 / 212 \\ &= 2.64 \approx 3 \end{aligned}$$

Tegangan pada motor tempel adalah 48 v volt untuk penggunaan baterai AGM sedangkan tegangan baterai adalah 12 volt. Maka

untuk memenuhi tegangan yang diminta oleh motor, baterai dirangkai seri dengan jumlah:

$$\begin{aligned} N_{\text{series}} &= V_{\text{motor}} / V_{\text{baterai}} \\ &= 48 / 12 \\ &= 4 \end{aligned}$$

Total jumlah baterai adalah $3 \times 4 = 12$ unit

Jadi total jumlah baterai yang digunakan agar dapat memenuhi AH required dan Tegangan yang diminta motor adalah 12 baterai dengan susunan 3 rangkaian paralel dan 4 rangkaian seri.

IV.4.4. Perhitungan Inverter

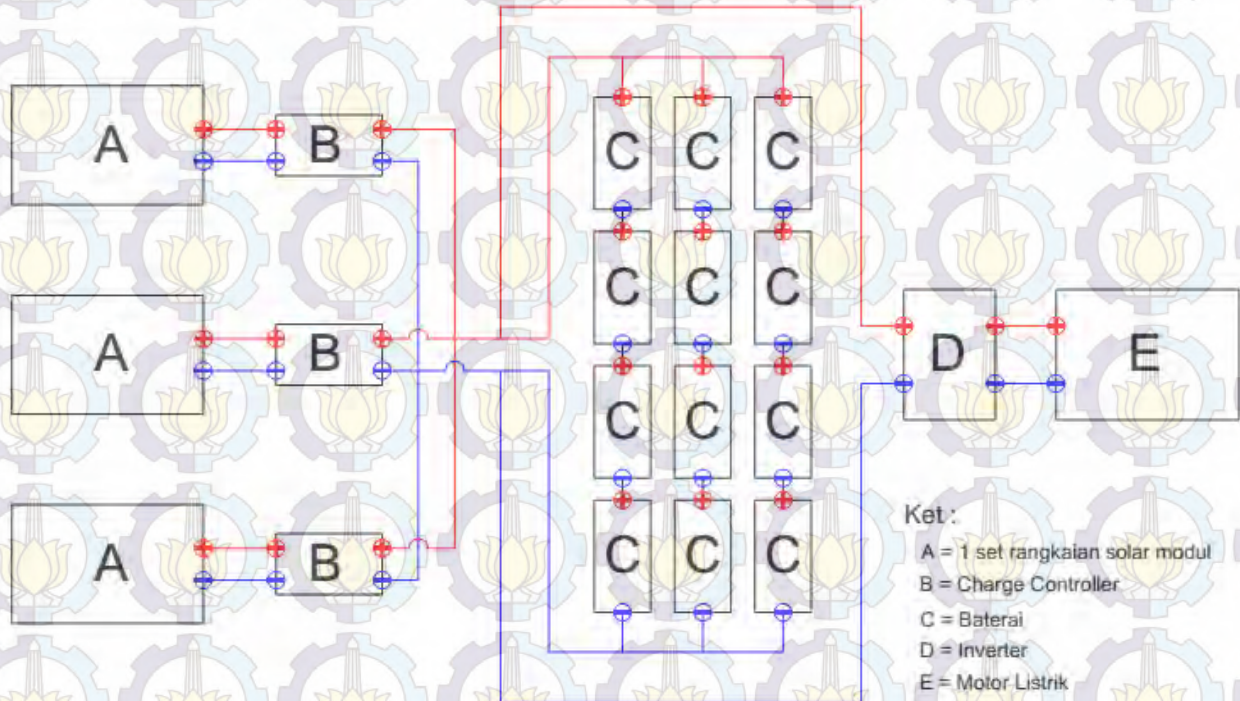
Arus yang dihasilkan solar modul adalah DC. Inverter digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Untuk menentukan jumlah inverter, digunakan rumus berikut:

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Daya yang Dihasilkan}}{\text{Daya inverter}}$$

Tegangan inverter yang dipilih adalah 48 volt dengan merk Latronics Sine Wave. Daya yang dapat dihandle adalah 3360 watt.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Inverter} &= \frac{3360}{3500} \\ &= 0.96 \approx 1 \end{aligned}$$

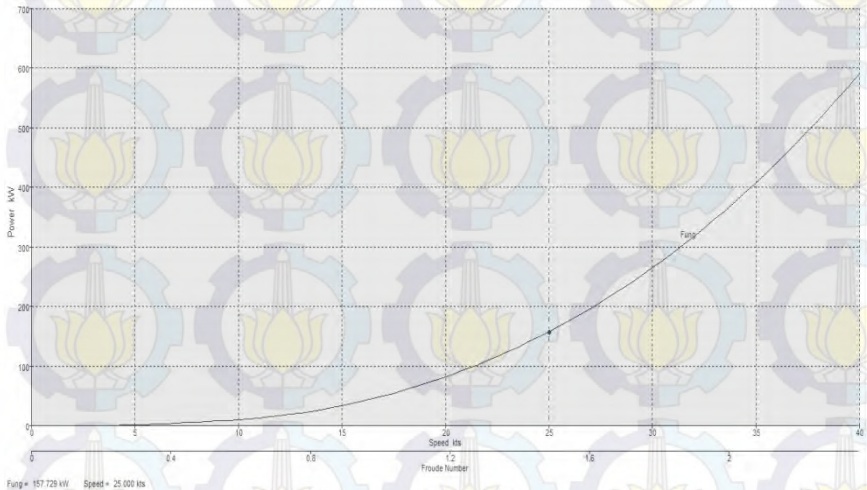
Jadi jumlah inverter yang digunakan adalah sebanyak 1 unit.



Gambar 4.7. Rangkaian Listrik Solar Cell

IV.4.5. Menentukan Motor Tempel Otto

Pada perancangan ini kapal didesain menggunakan 2 kecepatan yaitu kecepatan patroli dan kecepatan pengejaran. Untuk kecepatan patroli kapal didesain dengan kecepatan 6 knot dengan menggunakan daya yang dihasilkan solar cell dengan penggerak motor listrik seperti perhitungan dan perancangan sebelumnya. Untuk kecepatan pengejaran direncanakan kecepatan high speed minimal 25 knot dengan daya yang diperlukan adalah 157.73 kW yang didapat pada grafik power – speed.



Gambar 4.8. Grafik Power – Speed Motor Otto

Dari spesifikasi motor tempel otto yang tersedia dipasaran, dipilih motor dengan merk Honda dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Spec : Honda Outboard Engine BF 115
- Stroke : 4 (four Stroke)
- Power : 115 hp (85.76 kW) @5250 rpm
- RPM : 4500 - 6000 rpm
- Jumlah motor yang digunakan adalah 2 buah.

IV.5. Menentukan Alat-Alat Navigasi Dan Penerangan

Pada kapal patroli ini juga membutuhkan penerangan, alat-alat navigasi dan komunikasi untuk mendukung dan membantu dalam patroli. Alat-alat ini berguna dalam mobilisasi pengawasan perairan. Alat-alat ini juga harus dapat berfungsi untuk membantu dalam pengejaran atau pencarian.

IV.5.1. Alat-Alat Navigasi

Alat navigasi merupakan suatu alat yang sangat penting dalam menentukan arah kapal karena kondisi kapal adalah berada di perairan yang tidak memiliki jalur yang terlihat kecuali dengan bantuan alat navigasi. Sedangkan alat komunikasi kapal digunakan untuk berhubungan antar awak kapal, kapal dengan kapal atau dengan pelabuhan dan pantai sekitar. Alat-alat navigasi dan komunikasi yang digunakan pada kapal ini adalah:

No	Nama Peralatan	Merk/Type	Daya	n	total
1	Magnetic Compas	Lange	15	1	15
2	Radar	IC MR 1000 R11	60	1	60
3	GPS	MARINE MX 535	12.5	1	12.5
4	Radio Equipment	Sailor RT 5022	30	1	30
Daya total keseluruhan					117.5

Tabel 4.2. Tabel Daya Alat Navigasi Komunikasi

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan untuk alat-alat navigasi adalah sebesar 117.5 watt.

IV.5.2. Alat-Alat Penerangan

Alat-alat penerangan berfungsi untuk membantu dalam penerangan dan membarikan sinyal atau tanda secara visual. Misal lampu sirine sebagai penanda patroli dan lampu sorot sebagai lampu pencarian dan penerangan objek target. Lampu navigasi juga terdiri starboard dan portside light sesuai yang digunakan kapal pada umumnya. Cabin tempat kru kapal patroli juga harus diberi penerangan agar mudah melakukan kegiatan di dalam kabin.

Alat-alat penerangan yang digunakan pada kapal ini adalah:

No	Nama Peralatan	Merk/Type	Daya	n	Total
1	Lampu Navigasi	HELLA	25	2	50
2	Lampu Sorot	PERCO	100	1	100
3	Lampu Sirine	Rotary Light 1212 18w	18	1	18
4	Lampu Cabin	Ultraled MR16DC	4	4	16
Daya total Keseluruhan					184

Tabel 4.3. Tabel Daya Alat Penerangan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan untuk alat-alat penerangan adalah sebesar 184 watt.

Total daya yang dibutuhkan untuk keperluan navigasi, komunikasi dan Penerangan adalah sebesar 301.5 watt

IV.6. Mendesain Rencana Umum

Setelah Solar Panel didapatkan serta peralatan-peralatan dan system ditentukan, selanjutnya adalah merancang gambar rencana umum. Pada gambar ini menentukan letak posisi solar panel yang telah disediakan dalam perhitungan sebelumnya dan juga menentukan tata letak ruang dan alat-alat lainnya.

IV.6.1. Gambar Rencana Umum

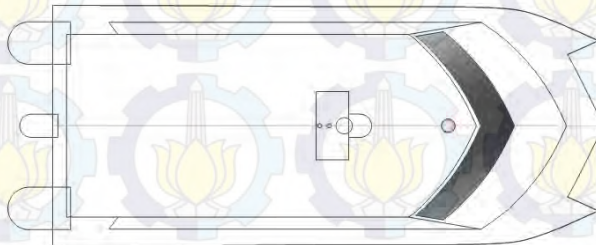
Pada perancangan tahap ini kapal didesain gambaran secara umum dengan beberapa pandangan.

Gambar Potongan membujur dan Melintang



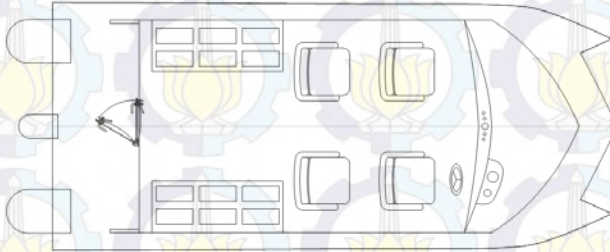
Gambar 4.9. Gambar Tampak Membujur dan Melintang

Gambar Pandangan Atas



Gambar 4.10. Gambar Tampak Atas

Gambar pandangan atas bagian deck/kabin

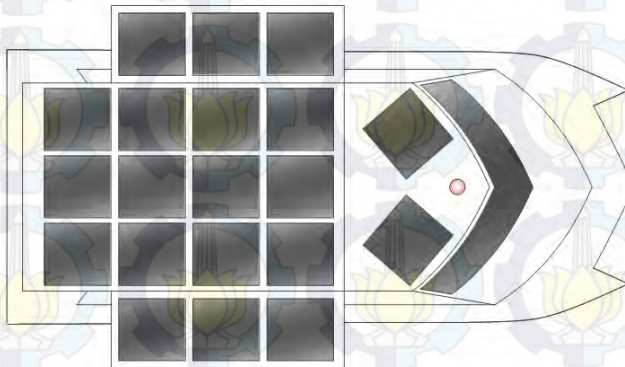


Gambar 4.11. Gambar Tampak Atas Deck

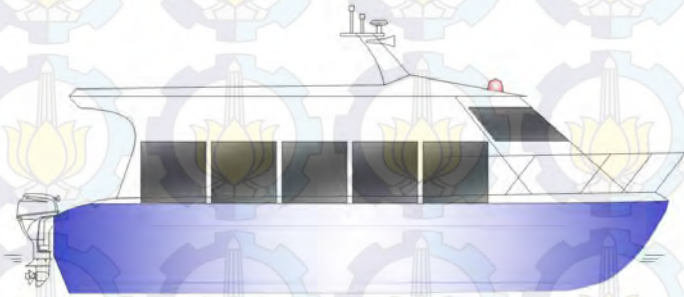
Untuk gambar rencana umum secara keseluruhan dan dilihat pada gambar 4.14.

IV.6.2. Penentuan Letak Solar Panel

Pada perancangan tahap ini solar panel diletakkan di posisi yang strategis terkena sinar matahari dan disesuaikan dengan tempat luasan yang ada.

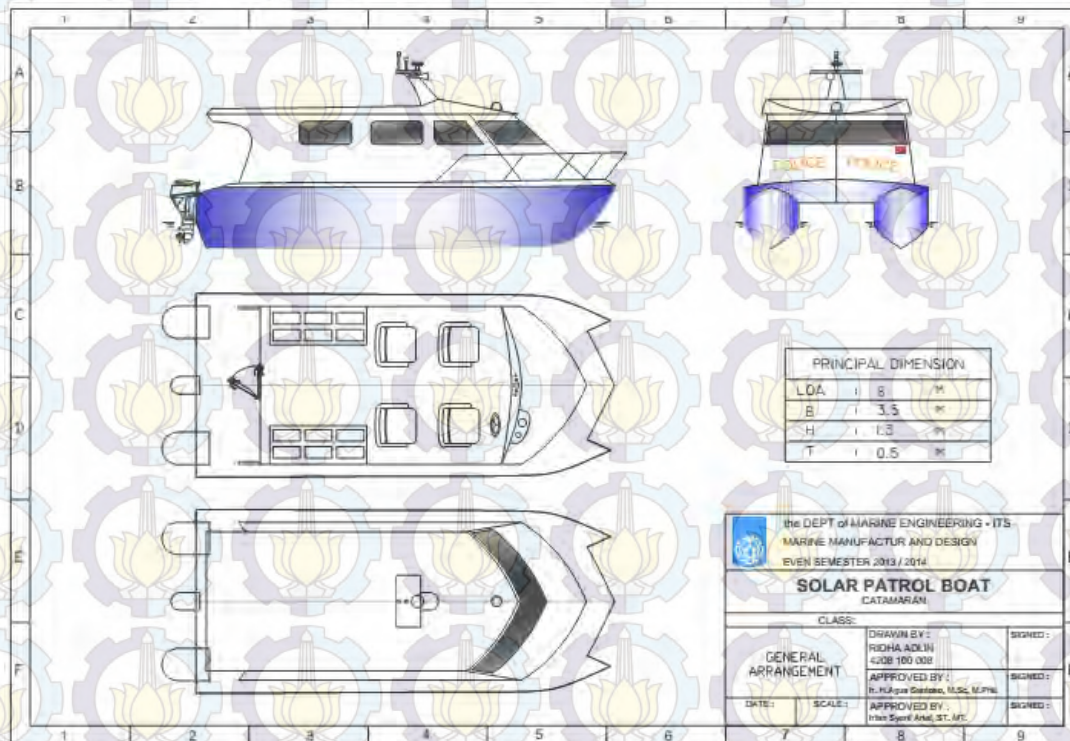


Gambar 4.12. Letak Solar Panel Atas

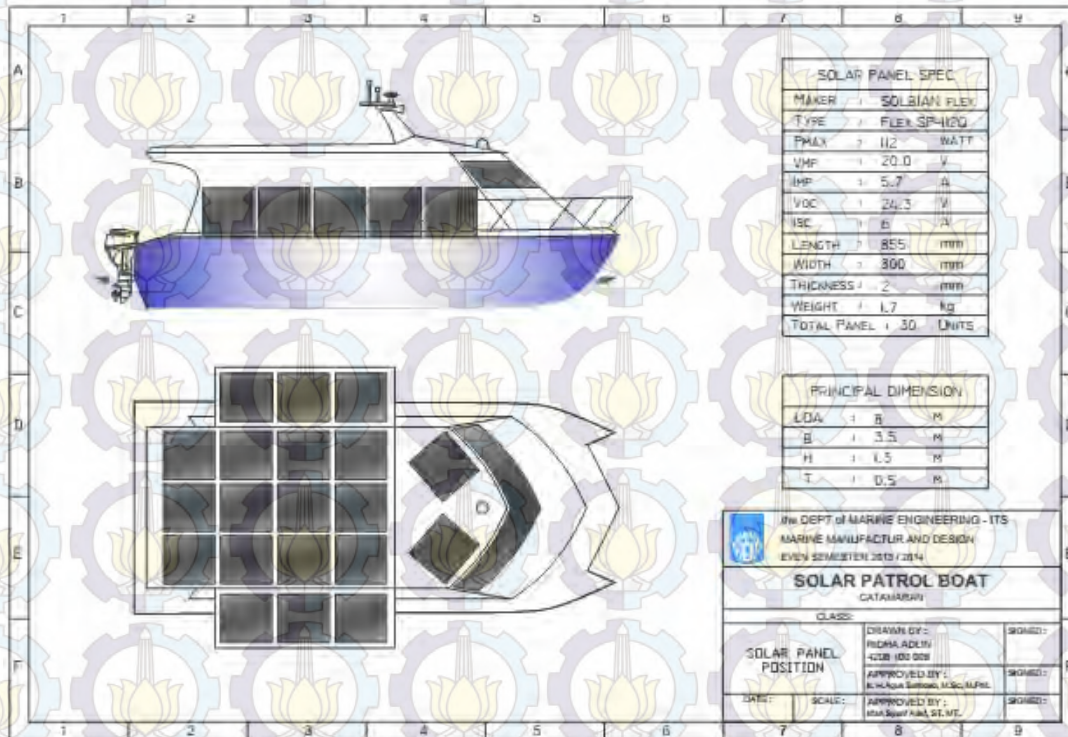


Gambar 4.13. Letak Solar Panel Samping

Untuk gambar lengkap posisi letak solar panel dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.14. General Arrangement



Gambar 4.15. Solar Panel Position

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil pengerjaan perancangan hybrid solar cell pada kapal patroli fiber ini, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan dan untuk perancangan ini dan pengembangan ke depan.

V.1 KESIMPULAN

- ✓ Panel solar cell yang digunakan untuk kapal patroli adalah jenis photovoltaic flexible.
- ✓ Jumlah solar cell yang akan dipasang adalah 30 pa nel dengan masing-masing tiap panel menghasilkan daya 112 watt peak.
- ✓ Daya yang dihasilkan oleh solar cell adalah 3360 watt sedangkan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat patroli dengan kecepatan 6 knot adalah 2170 watt.
- ✓ Kecepatan maksimal yang bisa dicapai kapal patroli dengan menggunakan solar energi adalah 6.77 knot.
- ✓ Daya yang dibutuhkan untuk kondisi pengejaran dengan kecepatan 25 knot adalah 157.73 kW dan disuplai oleh motor tempel otto.
- ✓ Beban alat navigasi,komunikasi dan penerangan untuk kapal patroli adalah 301.5 watt.

V.2 SARAN

- ✓ Untuk memperbaiki skripsi ini dapat ditambahkan lagi pengerjaan dengan meninjau perhitungan stabilitas dan konstruksi.
- ✓ Untuk analisa lebih lanjut dengan topic solar energiada baiknya factor ekonomi ikut dianalisa agar dapat diketahui nilai ekonomisnya

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

“Perancangan Hibrid Solar Cell Pada Kapal Patroli Fiber Untuk Pemantauan Perairan Pantai dan Pelabuhan.”

Oleh :

Ridha Adlin
4208 100 008

Dosen Pembimbing :

1. Ir. H. Agus Santoso, M.Sc, M.Phil.
2. Irfan Syarif Arief, ST, MT.

Contents...



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



Abstrak

Latar Belakang

Perumusan dan Batasan Masalah

Tujuan

Manfaat

Tinjauan Pustaka

Metodologi

Analisa & Pembahasan

Analisa & Pembahasan

Daftar Pustaka

ABSTRAK

- Kapal patroli fiber merupakan salah satu teknologi kendaraan maritim yang berfungsi menjaga keamanan perairan pantai dan pelabuhan. Kapal patroli harus dapat beroperasi lama dan dapat melakukan pengejaran ketika ada tindak kriminal. Untuk itu digunakan teknologi hibrid untuk mengatasi masalah tersebut. Hibrid yang digunakan adalah penggabungan antara energi matahari dengan bahan bakar fosil. Perancangan ini digunakan teknologi solar cell dan motor bakar yang penggunaanya dikombinasikan untuk memanfaatkan energi tersebut. Solar cell yang digunakan pada perancangan ini adalah photovoltaic flexible dengan sejumlah 30 panel. Daya yang dihasilkan dari panel adalah 3360 watt untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan maksimal 6.77 knot pada kondisi patroli. Pada kondisi pengejaran dibutuhkan kecepatan tinggi yang didesain sebesar 25 knot dengan kebutuhan daya 175.73 kW yang dihandle oleh motor bakar.

Latar Belakang

- ❑ **Kebutuhan Akan Keamanan Perairan**
- ❑ **Isu Global Warming Peduli lingkungan**
- ❑ **Fungsi Kapal Patroli**
 1. **pemantauan dan pengawasan keamanan perairan**
 2. **Pengejaran**
- ❑ **Teknologi Hibrid Solar Cell Ramah lingkungan**

Rumusan Masalah ...

- ❑ Bagaimana merancang bentuk bodi kapal yang mampu mengcover panel surya sebesar mungkin pada kapal patroli fiber hibrid
- ❑ Bagaimana sistem kerja dan instalasi solar cell untuk penggerak
- ❑ Berapa energi total yang dihasilkan penggerak hibrid solar cell
- ❑ Berapa kecepatan maksimal yang dihasilkan kapal patroli fiber dengan menggunakan motor listrik bertenaga solar cell

Batasan Masalah ...

- ❑ Ukuran kapal 8 meter
- ❑ Daya angkut 4 orang
- ❑ Motor yang digunakan adalah jenis motor tempel
- ❑ Perhitungan stabilitas diabaikan

Tujuan Skripsi

- ❑ Mengetahui bentuk rancangan bodi yang mampu mengcover panel surya pada kapal patroli fiber
- ❑ Mengetahui sistem kerja dan instalasi penggerak hibrid solar cell
- ❑ Mengetahui energi total yang dihasilkan penggerak hibrid
- ❑ Mengetahui kecepatan maksimal yang dihasilkan kapal patroli fiber dengan menggunakan motor listrik bertenaga solar cell

MANFAAT SKRIPSI

- ❑ Merekomendasikan untuk penggunaan teknologi Hibrid Solar Cell pada kapal-kapal patroli yang lebih ramah lingkungan
- ❑ Mengurangi biaya operasional dan mengurangi polusi akibat banyaknya gas buang yang ditimbulkan pembakaran pada motor bakar.

Tinjauan Pustaka ...

- ❑ Kapal Patroli adalah kapal yang digunakan untuk aktifitas patroli di wilayah perairan.
- ❑ Kapal patroli perairan pantai biasanya berukuran kecil dan terbuat dari fiber.
- ❑ Fungsi kapal patroli perairan pantai adalah untuk memantau wilayah sekitar pantai dan pelabuhan.

Tinjauan Pustaka ...

- ❑ Solar energi adalah energi yang dihasilkan oleh matahari.
- ❑ Energi yang dihasilkan solar cell tidak menimbulkan polusi dan hemat
- ❑ Solar energi bersumber dari energi matahari yang sangat mudah didapat.
- ❑ Konsep dasar kerja dari solar cell adalah merubah energi cahaya menjadi energi listrik.

Macam-macam solar cell

❑ Monokristal (Mono-crystalline)

Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%.

❑ Polikristal (Poly-crystalline)

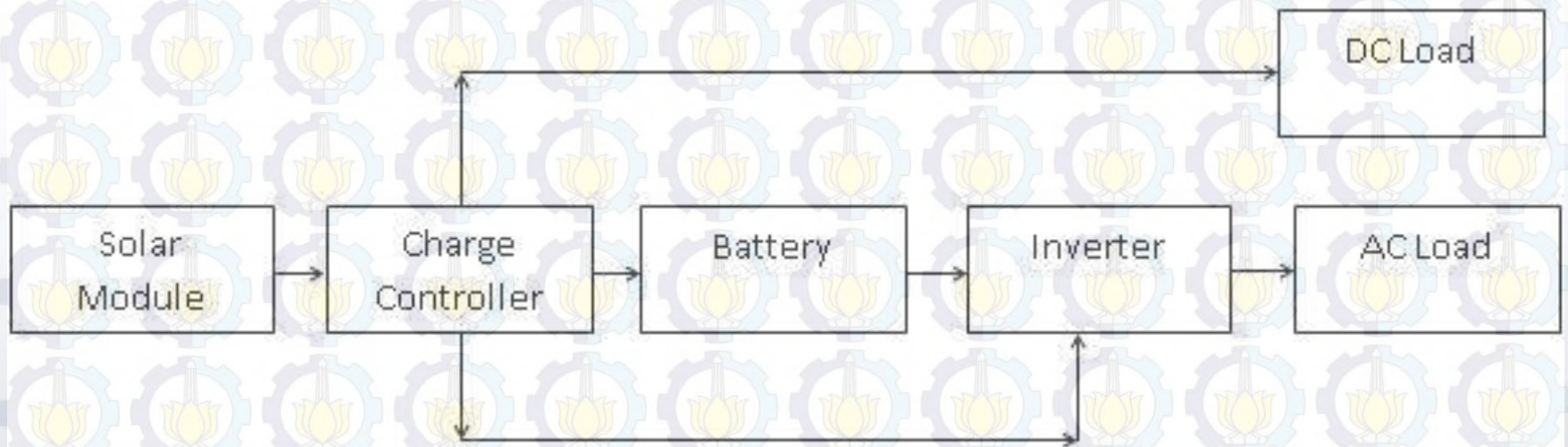
Panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. memerlukan luas permukaan yang lebih besar. memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan type monokristal

Macam-macam solar cell

□ Thin Film Photovoltaic

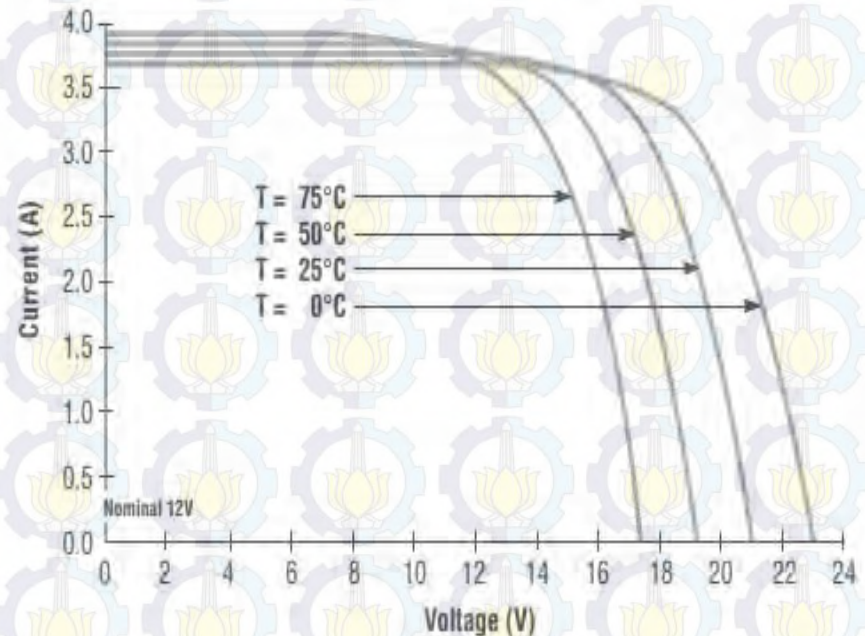
panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain.

Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik



Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik

- Solar cell dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat celcius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV cell akan melemahkan voltage (Voc). Setiap kenaikan temperatur solar cell 1 derajat celcius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4%



Sumber: Solar Cell Catalogue MSX-60 and MSX-64 Photovoltaic Modules, Solarex, 1998

Komponen-komponen Penyusun Solar cell

- Universal Charger Control (UCC)
- Inverter
- Baterai

Metodologi ...

Mulai

Identifikasi dan Perumusan masalah

Studi Literatur

Belum Sesuai

Mendesain Bentuk Kapal Patroli Fiber

Bagaimana
Bentuk Kapal

Sesuai

Menghitung Tahanan & daya

Menentukan Mesin yang
Digunakan

Menghitung luasan yang akan
dipasang panel

Menghitung Daya yang dihasilkan
Panel dan menentukan jenis dan
ukuran panel surya

Belum Sesuai

Bagaimana
Ukurannya

Sesuai

Menghitung Kecepatan maksimal
dari solar cell dan motor bakar

Mendesain Sistem Instalasi Propulsi

Mendesain Rencana Umum

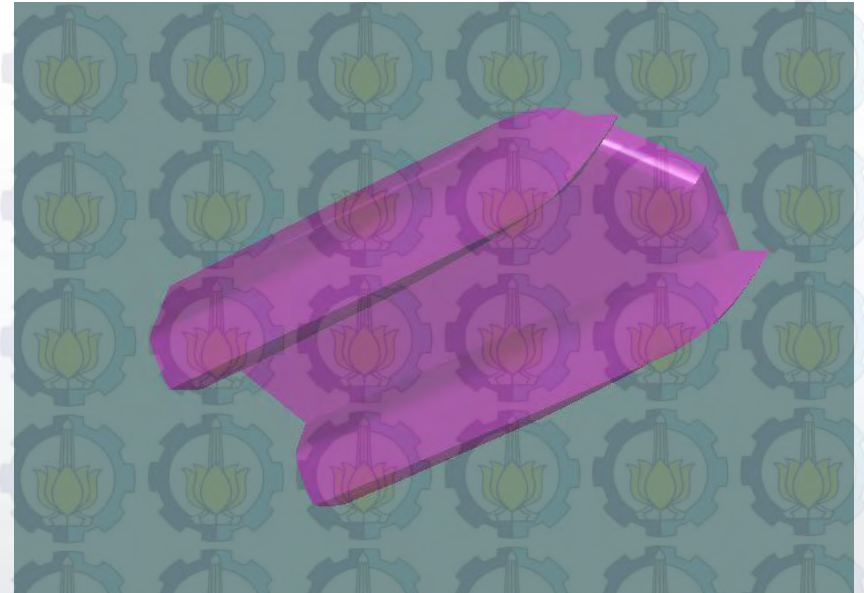
Menyusun laporan

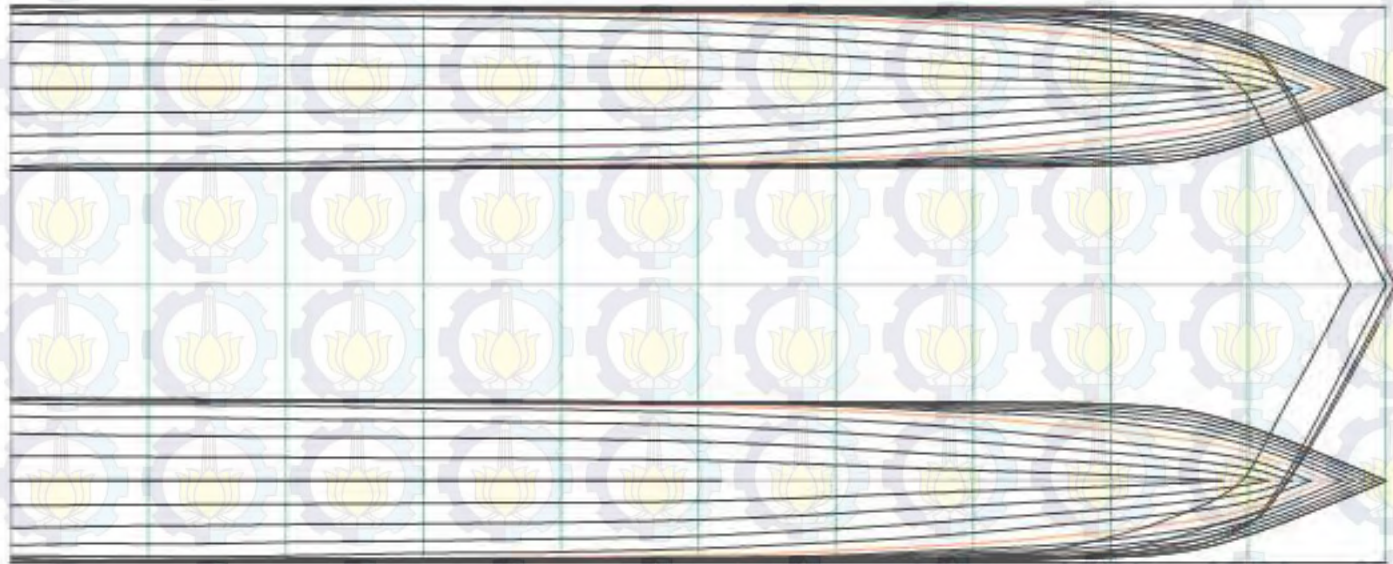
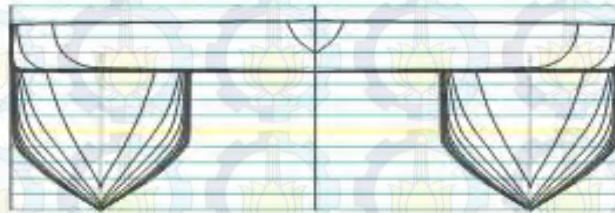
Finish

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Mendesain Bentuk Bodi

- Panjang L : 8 meter
- Lebar B : 3.5 meter
- Tinggi H : 1.3 meter
- Sarat T : 0.5 meter





Menghitung Luasan Untuk Panel

- peletakan solar panel harus diatur semaksimal mungkin untuk solar panel dapat terpasang pada kapal bagian yang terkena sinar matahari agar menghasilkan daya sebanyak mungkin.
- Untuk menghitung daya maksimal yang dihasilkan solar panel yang terpasang pada kapal patroli, digunakan ruus berikut:

$$\text{Daya Max} = \text{Jumlah Panel} \times \text{Daya Per Panel}$$

Tabel Perbandingan Luasan Dan Daya Panel

No	Solar Maker	Dimensi	Daya	satuan	Juml ah	Total daya
1	Solbian flexCP140L	1523 x 676 mm	144	Watt	18	2592
2	Solbian flexCP140Q	1046 x 996 mm	144	watt	18	2592
3	Solbian flexSP112Q	855 x 800 mm	112	watt	30	3360
4	Solbian flexSP125	1365 x 546 mm	125	watt	25	3125
5	Astronergy CHSM 6612P-305	1956 x 994 mm	304	watt	10	3040

- Pada tabel didapat spesifikasi solar panel yang sangat cocok dengan desain kapal ini adalah solar panel dengan merk solbian flex SP112Q dengan spesifikasi disamping

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Peak Power (+/- 5%) - Pmax	112 W
Rated Voltage - Vmp	20.0 V
Rated Current - Imp	5.7 A
Open Circuit Voltage - Voc	24.3 V
Short circuit Current - Isc	6 A
Temp. coeff. Pmax	-0.38%/°C
Temp. coeff. Voc	-0.27%/°C
Temp. coeff. Isc	0.05%/°C

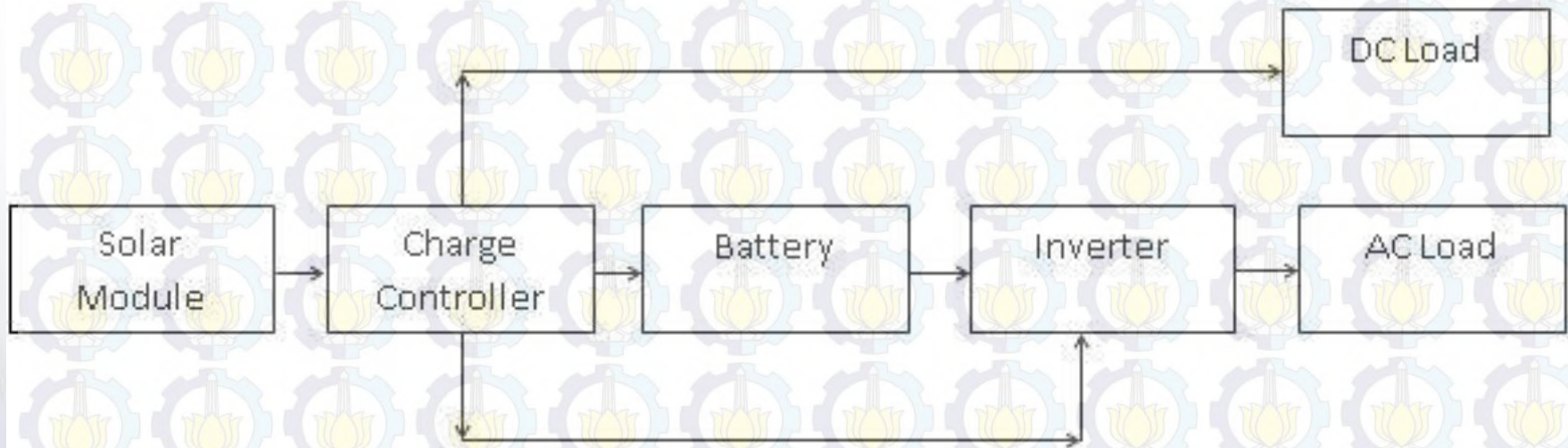
PHYSICAL CHARACTERISTICS

Lenght	855 mm
Width	800 mm
Thickness	2 mm
Weight	1.7 kg
Num. of cells	36

Mendesain Sistem Penggerak solar cell dan motor bakar

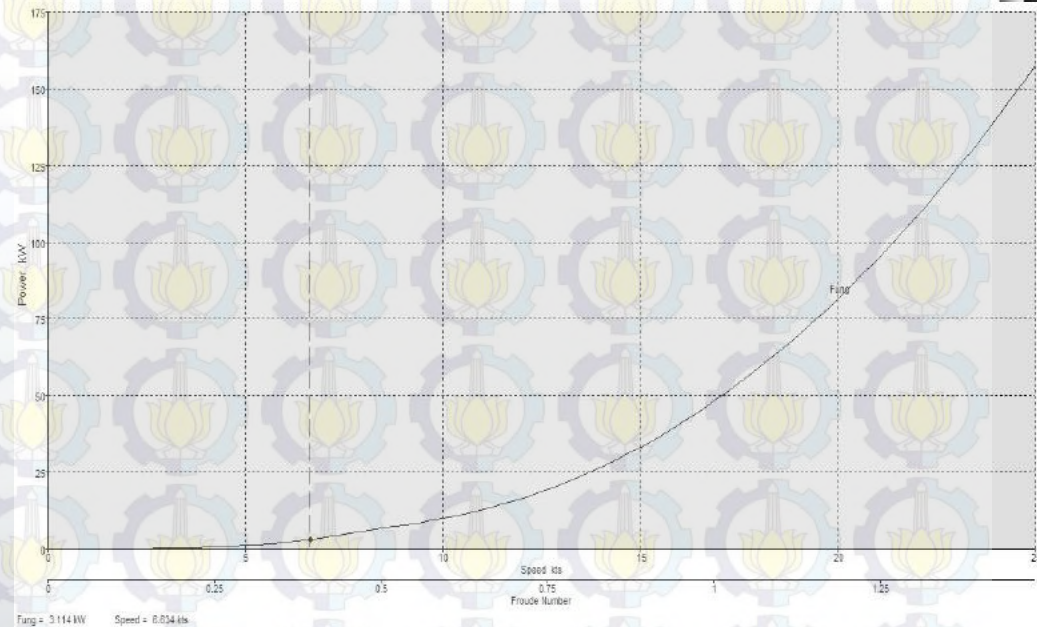
- ❑ Perancangan hybrid solar cell dengan motor bakar pada kapal patroli, digunakan penggerak berupa motor tempel. Motor tempel yang digunakan ada 2 jenis yaitu motor tempel listrik dan motor tempel otto.
- ❑ Motor tempel listrik mendapatkan sumber energy dari listrik yang dihasilkan oleh system solar cell. Sedangkan untuk motor tempel otto sumber energi yang didapat adalah dari bahan bakar fosil yaitu bensin.

Diagram Block Sistem Penggerak Solar Cell



Menghitung Kecepatan Maksimal

- Daya dan Kecepatan Kapal Patroli dengan penggerak tenaga matahari.
- Kecepatan patroli di desain 6 knot Dari hasil analisa hullspeed didapat pada daya 2,17 kW
- kecepatan Maksimal kapal patroli dengan menggunakan solar cell 6,77 knot daya 3.36 kW



Merancang Rangkaian Panel


- ❑ Panel harus dirancang sedemikian rupa agar output dari seluruh panel dapat memenuhi kebutuhan input pada motor listrik.
- ❑ Dalam perancangan ini digunakan motor listrik AquaWatt dengan spesifikasi sebagai berikut

Green Power AB 13 R and T

Versions: Type T with tiller, Type R for remote use

Transom height	20 inch
Nominal voltage	48/51 volts
Current max. AGM / Lithium	240/ 300 Amp
Power output AGM / Li Battery	10/ 13 KW
Battery system	48V AGM / 51V Li Ion
Plug connection type	SBE 320
Cabletype for remote installation	C2
Weight	52 Kg
Propeller size	9,25 bis 10 Zoll
Thrust with standard propeller	112 da N / 135 da N
Thrust with thrust propeller	123 da N / 148 da N
Maximum speed	23 Knots
Range of use	Lakes, coast, rivers - suitable for salt water use



- 
- ❑ Angka yang harus terpenuhi agar motor listrik dapat beroperasi dengan baik adalah:
 - ❑ Nominal Voltage : 48 Volts
 - ❑ Current Max : maksimal 240 Amp

□ Cara menghitung jumlah Rangkaian seri yaitu dengan menggunakan rumus berikut:

□ Jumlah panel 1 Rangkaian Seri = $\frac{\text{V motor}}{\text{Tegangan Solar Panel}}$

$$= 48 / 24$$

$$= 2 \text{ panel}$$

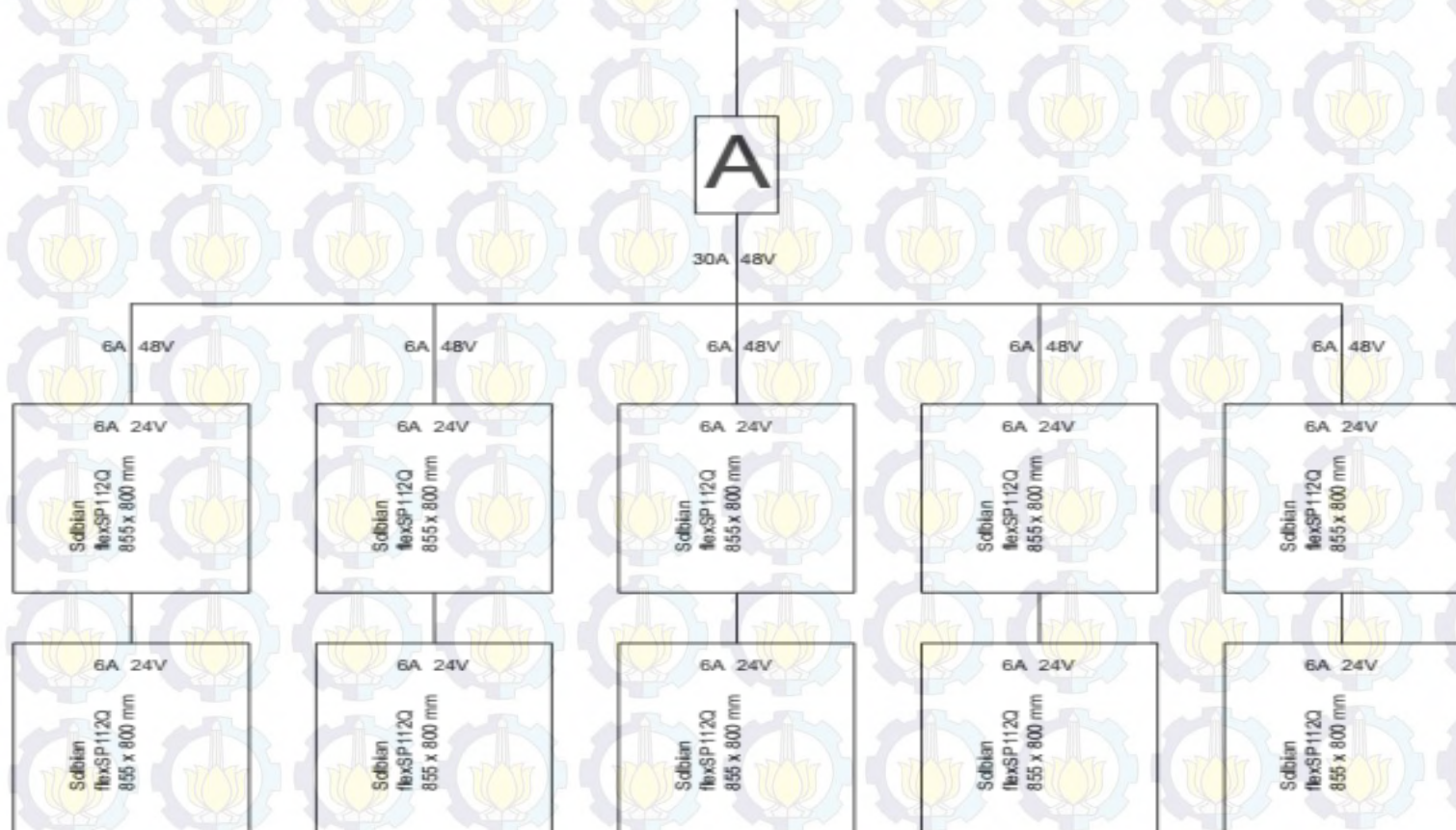
□ Pada perancangan ini, 2 panel seri diparalel dengan 5 panel seri lainnya sehingga total 1 set rangkaian modul adalah 10 panel. Dan untuk total rangkaian modul nya adalah

□ Jumlah rangkaian modul = Jumlah panel total / 4

□ = 30 / 10

□ = 3 set rangkaian modul

- ❑ Jadi total rangkaian modul adalah 3 rangkaian modul dengan masing-masing 2 panel dirangkai seri yang diparalelkan dengan 5 panel lain yang dirangkai seri juga.



□ I output 1 modul = Arus panel x n rangkaian parallel per modul

$$= 6A \times 5$$

$$= 30 A$$

□ I output total = I output modul x jumlah modul

$$= 30 A \times 3$$

$$= 90 A$$

Perhitungan Charge Controller

□ Arus pada 1 set rangkaian solar modul adalah 30 Ampere. Untuk pemilihan charger controller, diberikan penambahan sebesar 25%

□ $30 \text{ Ampere} + (30 \text{ Ampere} \times 0.25) = 37.5 \text{ Ampere}$

□ Merk : Tristar MPPT (TS-MPPT-45)

□ Max Battery Current : 45 Ampere

□ Nominal Solar Input : 48 Volt

□ Battery Operating Volt : 8 – 72 Volt DC

□ Self Consumption : 2.7 Watt

❑ 1 (satu) charger controller dapat mengcover 10 panel surya yang dirangkai seri dan paralel. Jumlah charger controller yang diperlukan adalah:

❑ Jumlah Charger (n) = Jumlah Panel

❑ 10

❑ = 30/10

❑ = 3

❑ **Arus Output Charger Controller**

$$I = \text{Arus Panel seri} \times 5$$

$$= 6 \text{ Ampere} \times 5$$

$$= 30 \text{ Ampere}$$

❑ **Arus Output Total Charger Controller**

$$I_{\text{total}} = I \times \text{Jumlah charger (n)}$$

$$= 30 \text{ Ampere} \times 3$$

$$= 90 \text{ Ampere}$$

❑ **Daya maksimal yang dihasilkan charger controller**

$$\text{Daya (P)} = I_{\text{total}} \times V_{\text{output}}$$

$$= 90 \text{ Ampere} \times 48 \text{ volt}$$

$$= 4320 \text{ watt}$$

Perancangan Sistem Baterai

- Daya yang dihasilkan solar cell adalah 3360 watt. Untuk menjaga agar kecepatan tetap stabil dengan jangka waktu yang lama, maka diasumsikan daya yang akan digunakan sebesar 80% dari daya sebenarnya.

- $80\% \times 3360 \text{ watt} = 2688 \text{ watt}$

- Panel solar cell ini digunakan selama 10 jam antara pukul 07.00 – 17.00

- $\text{Daya baterai min} = \text{Daya operasional} \times \text{Lama operasional}$

- $= 2688 \times 10$

- $= 26880 \text{ watt}$

□ **AH required = Daya Baterai min / Tegangan**

□ **= 26880 / 48**

□ **= 560 AH**

□ Pada perancangan ini baterai yang digunakan adalah baterai jenis AGM merk solar one tipe B250 CA dengan tegangan 12 volt dan AH sebesar 212 Total Baterai yang digunakan adalah:

□ **N baterai = AH required / AH baterai**

□ **= 560 / 212**

□ **= 2.64 ≈ 3**

□ Tegangan pada motor tempel adalah **48 volt** untuk penggunaan baterai **AGM** sedangkan tegangan baterai adalah **12 volt**. Maka untuk memenuhi tegangan yang diminta oleh motor, baterai dirangkai seri dengan jumlah:

□ **$N_{\text{series}} = V_{\text{motor}} / V \text{ baterai}$**

□ **$= 48 / 12$**

□ **$= 4$**

□ **Total jumlah baterai adalah $3 \times 4 = 12$ unit**

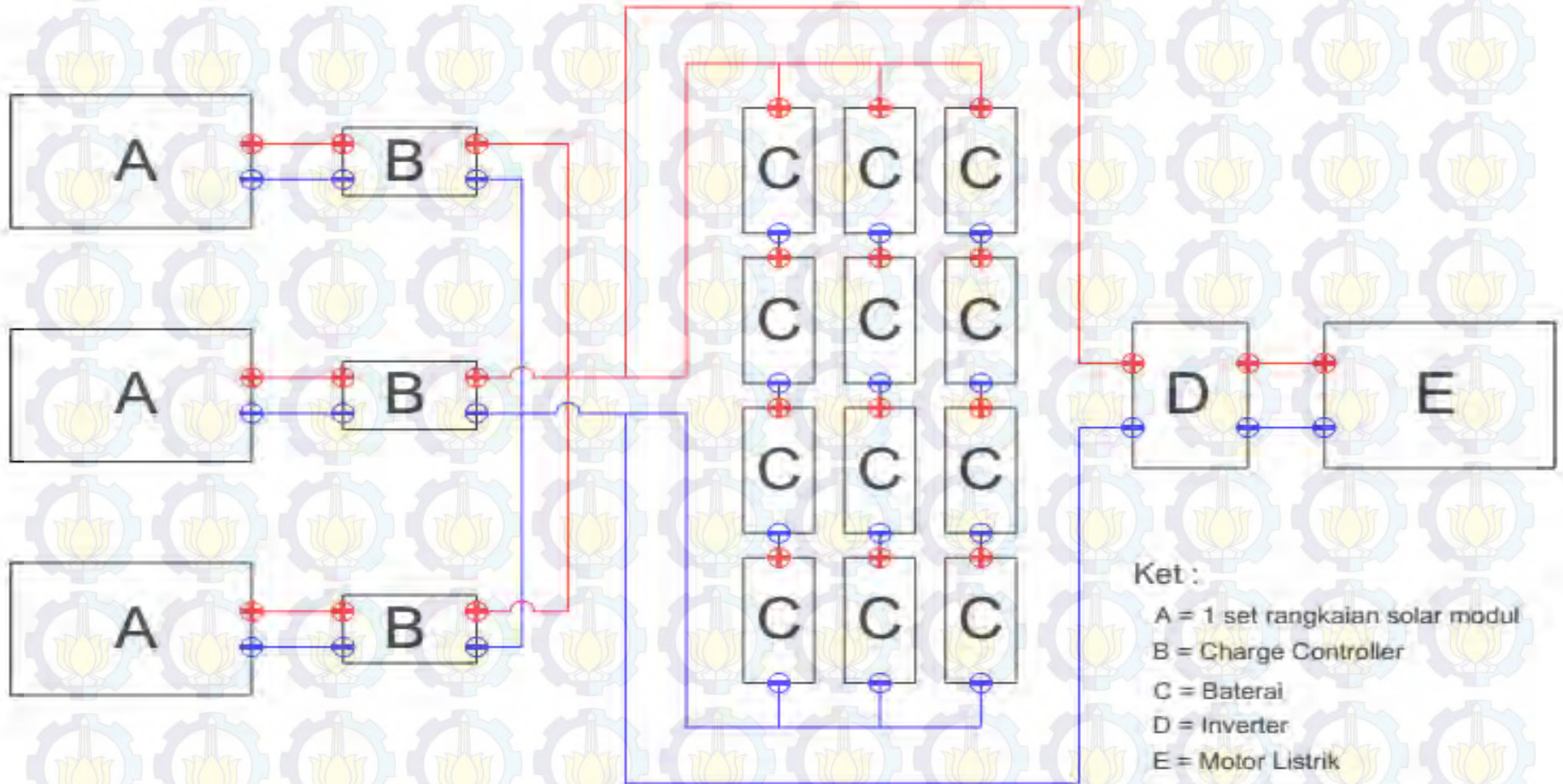
Perhitungan Inverter

□ Tegangan inverter yang dipilih adalah 48 volt dengan merk Latronics Sine Wave. Daya yang dapat dihandle adalah 3360 watt.

□ Jumlah Inverter = Daya yang Dihasilkan/ Daya inverter

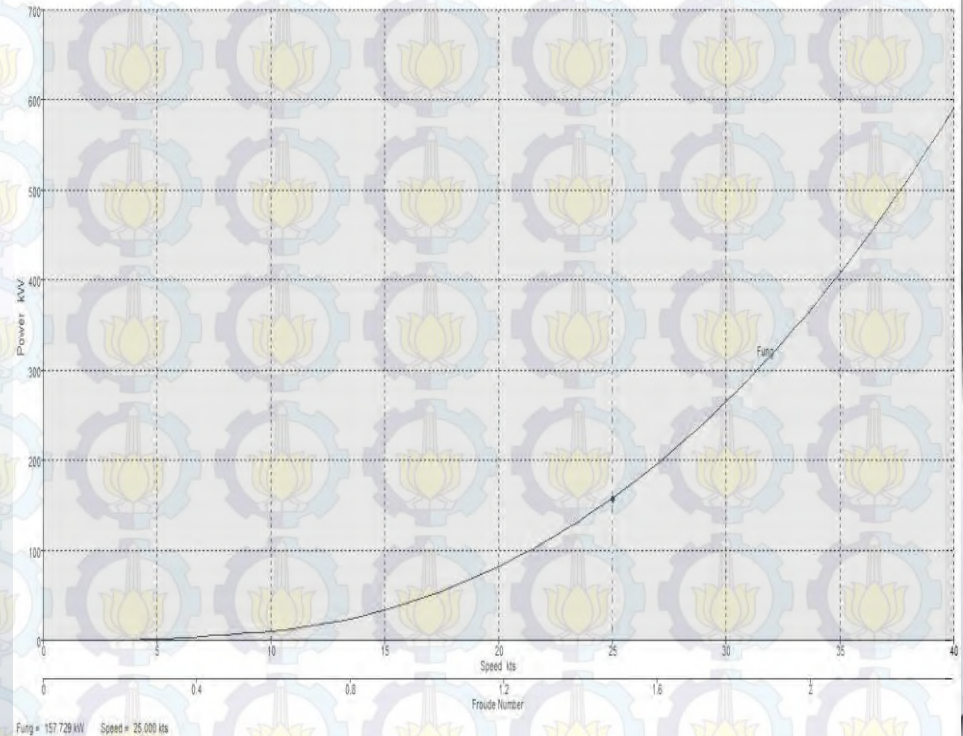
$$\begin{aligned}\square \text{ Jumlah Inverter} &= 3360 / 3500 \\ &= 0.96 \approx 1\end{aligned}$$

Rangkaian Listrik Solar Cell



Menentukan Motor TempelOtto

Untuk kecepatan pengejaran direncanakan kecepatan high speed minimal 25 knot dengan daya yang diperlukan adalah 157.73 kW yang didapat pada grafik power – speed.



□ Dari spesifikasi motor tempel otto yang tersedia dipasaran, dipilih motor dengan merk Honda dengan spesifikasi sebagai berikut:

□ **Spec : Honda Outboard Engine BF 115**

□ **Stroke : 4 (four Stroke)**

□ **Power : 115 hp (85.76 kW) @5250 rpm**

□ **RPM : 4500 - 6000 rpm**

□ Jumlah motor yang digunakan adalah 2 buah.

□ Daya Total yang dihasilkan motor adalah 171,52 menggerakkan kapal maksimal 25.74 knot

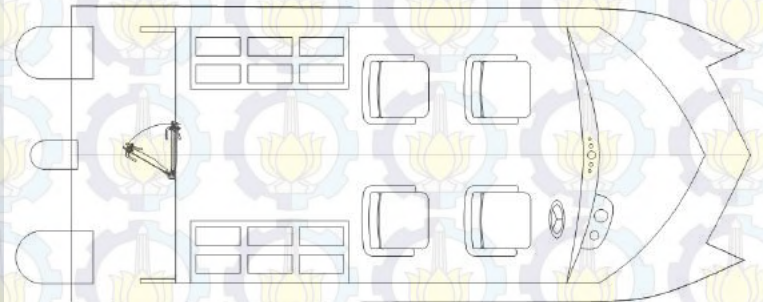
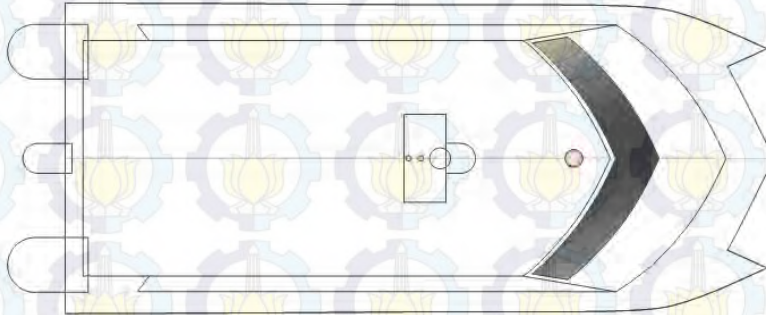
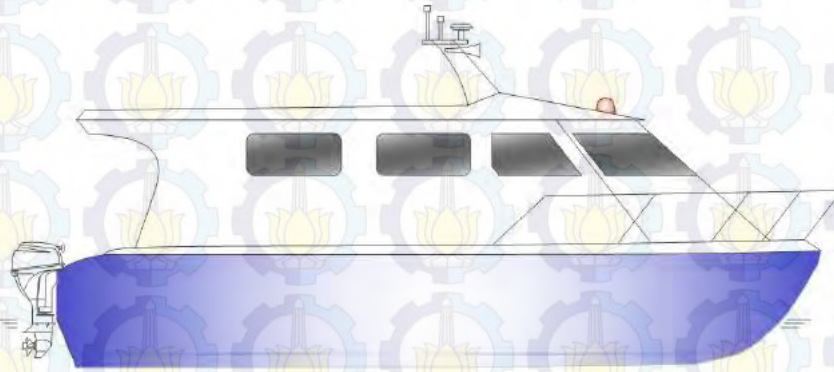
Alat Navigasi Komunikasi

No	Nama Peralatan	Merk/Type	Daya	n	total
1	Magnetic Compas	Lange	15	1	15
2	Radar	IC MR 1000 R11	60	1	60
3	GPS	MARINE MX 535	12.5	1	12.5
4	Radio Equipment	Sailor RT 5022	30	1	30
Daya total keseluruhan					117.5

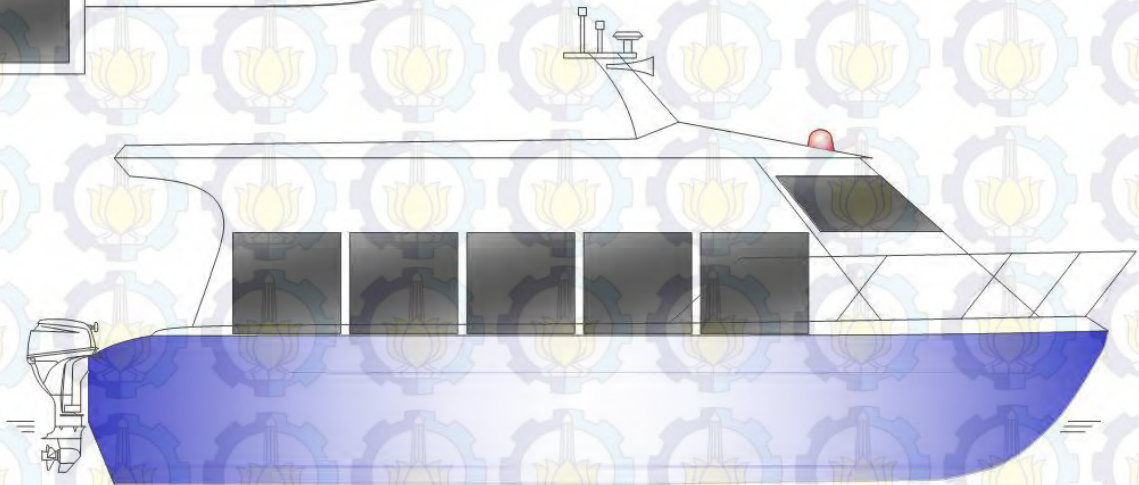
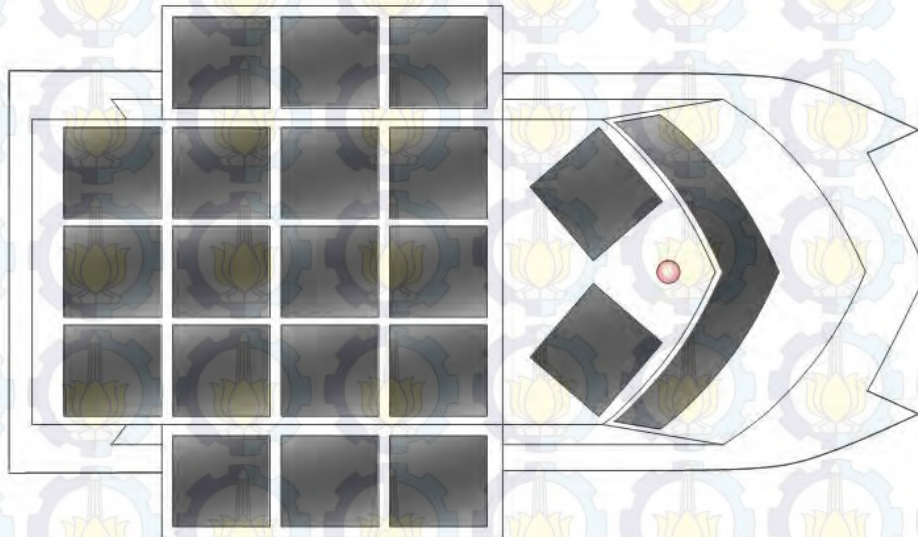
Penerangan

No	Nama Peralatan	Merk/Type	Daya	n	Total
1	Lampu Navigasi	HELLA	25	2	50
2	Lampu Sorot	PERCO	100	1	100
3	Lampu Sirine	Rotary Light 1212 18w	18	1	18
4	Lampu Cabin	Ultraled MR16DC	4	4	16
Daya total Keseluruhan					184

Mendesain Rencana Umum



Penentuan Letak Solar Panel



Kesimpulan

- ❑ Panel solar cell yang digunakan untuk kapal patroli adalah jenis photovoltaic flexible.
- ❑ Jumlah solar cell yang akan dipasang adalah 30 panel dengan masing-masing tiap panel menghasilkan daya 112 watt peak.
- ❑ Daya yang dihasilkan oleh solar cell adalah 3360 watt sedangkan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat patroli dengan kecepatan 6 knot adalah 2170 watt.
- ❑ Kecepatan maksimal yang bisa dicapai kapal patroli dengan menggunakan solar energi adalah 6.77 knot.
- ❑ Daya yang dibutuhkan untuk kondisi pengejaran dengan kecepatan 25 knot adalah 157.73 kW dan disuplai oleh motor tempel otto.
- ❑ Beban alat navigasi, komunikasi dan penerangan untuk kapal patroli adalah 301.5 watt.

Saran

- Untuk memperbaiki skripsi ini dapat ditambahkan lagi pengerjaan dengan meninjau perhitungan stabilitas dan konstruksi.
- Untuk analisa lebih lanjut dengan topic solar energi ada baiknya factor ekonominya dianalisa agar dapat diketahui nilai ekonomisnya

Daftar Pustaka ...

- ❑ Santosa, Pramudya Irawan. 2012. *Studi Awal Pengembangan Kapal Ikan Katamaran Dengan Penggerak Hibrid*. Surabaya: Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
- ❑ S, Ayu. 2013. *Perancangan Prototype KABM (Kendaraan Amphibi Bertenaga Matahari)*. Surabaya: Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS.
- ❑ Solar Cell Catalogue MSX-60 and MSX-64 Photovoltaic Modules, Solarex, 1998
- ❑ Sarwito, Sardono. 1995. *Diktat Perencanaan Instalasi Listrik Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS.
- ❑ Aquawatt Catalogue Electric Outboard Engine Brochure 1-2014.A
- ❑ <http://yefrichan.wordpress.com/2010/06/24/sel-surya-hibrid-dan-fleksibel/>
- ❑ [-http://yefrichan.wordpress.com/2010/06/24/sel-surya-hibrid-dan-fleksibel/](http://yefrichan.wordpress.com/2010/06/24/sel-surya-hibrid-dan-fleksibel/)
- ❑ <http://poweralternatif.blogspot.com/2011/02/jenis-panel-surya-macam-modul-solar.html>

Thank you!

DAFTAR PUSTAKA

1. Santosa, Pramudya Irawan. 2012. *Studi Awal Pengembangan Kapal Ikan Katamaran Dengan Penggerak Hibrid*. Surabaya: Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
2. S, Ayu. 2013. *Perancangan Prototype KABM (Kendaraan Amphibi Bertenaga Matahari)*. Surabaya: Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS.
3. Solar Cell Catalogue MSX-60 and MSX-64 Photovoltaic Modules, Solarex, 1998
4. -<http://yefrichan.wordpress.com/2010/06/24/sel-surya-hibrid-dan-fleksibel/>
5. <http://poweralternatif.blogspot.com/2011/02/jenis-panel-surya-macam-modul-solar.html>
6. Sarwito, Sardono. 1995. Diktat Perencanaan Instalasi Listrik Kapal. Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS.
7. Aquawatt Catalogue Electric Outboard Engine Brochure 1-2014.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS



Ridha Adlin, lahir di Gresik, 17 Desember 1990, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Alumnus SDN Bedilan 1 Gresik, SLTP N 4 Gresik, dan SMK Semen Gresik.

Penulis telah menyelesaikan masa studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK – ITS Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 4208100008.

Selain itu penulis juga pernah melakukan Kerja Praktek di Fasharkan Lantamal 5 Surabaya dan PT. DLU. Penulis memanfaatkan waktu luang dengan aktif dalam suatu organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa dan Organisasi keremajaan dan keagamaan di kota Gresik.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini penulis mengambil Bidang Marine Manufacture And Design (MMD).

Salah satu prinsip yang membuat penulis tetap eksis adalah memanfaatkan waktumu untuk hal positif, karena waktu bagaikan pedang yang sangat tajam, apabila di gunakan dengan baik maka akan sangat berguna dan apabila tidak akan menghunus kita sendiri. Meminta restu kepada orang tua dalam melakukan berbagai hal dan berdoa kepada Allah, merupakan senjata ampuh yang digunakan penulis untuk menghadapi cobaan dan rintangan yang menghalangi.

WASSALAM

Perancangan Hibrid Solar Cell Pada Kapal Patroli Fiber Untuk Pemantauan Perairan Pantai dan Pelabuhan

Ridha Adlin, Ir H Agus Santoso, M.Sc, M.Phil, Irfan Syarif Arief, ST, MT.
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: agoes@its.ac.id ; irfansya@gmail.com

Abstrak—Kapal patroli fiber merupakan salah satu teknologi kendaraan maritim yang berfungsi menjaga keamanan perairan pantai dan pelabuhan. Kapal patroli harus dapat beroperasi lama dan dapat melakukan pengejaran ketika ada tindak kriminal. Untuk itu digunakan teknologi hibrid untuk mengatasi masalah tersebut. Hibrid yang digunakan adalah penggabungan antara energi matahari dengan bahan bakar fosil. Perancangan ini digunakan teknologi solar cell dan motor bakar yang penggunaannya dikombinasikan untuk memanfaatkan energi tersebut. Solar cell yang digunakan pada perancangan ini adalah photovoltaic flexible dengan sejumlah 30 panel. Daya yang dihasilkan dari panel adalah 3360 watt untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan maksimal 6.77 knot pada kondisi patroli. Pada kondisi pengejaran dibutuhkan kecepatan tinggi yang didesain sebesar 25 knot dengan kebutuhan daya 175.73 kW yang dihandle oleh motor bakar.

Kata Kunci— Hybrid, Solar Cell, Kapal Patroli.

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara bentuk kepulauan. Sehingga transportasi laut sangat dibutuhkan di Indonesia dalam menunjang perekonomian dan kesejahteraan rakyat. Banyaknya pelabuhan dan pantai-pantai di Indonesia harus juga didukung dengan keamanan perairan yang baik. Patroli perairan untuk menjaga dan memantau aktifitas-aktifitas pelabuhan dan perairan adalah penting. Untuk mempermudah pengawasan dan pemantauan perairan di wilayah pesisir dan pelabuhan diperlukan kapal patroli yang dapat beroperasi terus dan menghemat energi dan tidak mencemari lingkungan perairan.

Seiring berkembangnya teknologi, kendaraan di dunia banyak menggunakan teknologi hybrid yang ramah lingkungan. Juga kapal patroli dapat dikembangkan dengan menggunakan berbagai macam penggerak. Salah satu Energi yang ramah lingkungan dan mudah didapat adalah energi matahari. Dengan adanya kapal patroli yang memanfaatkan solar cell akan dapat mengurangi polusi.

Fungsi utama kapal patroli adalah pemantauan dan pengawasan keamanan perairan.[1] Kapal patroli harus dapat beroperasi lama dan dapat melakukan pengejaran ketika ada suatu tindak kriminal di perairan. Karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat *perancangan hibrid solar cell pada kapal*

patroli fiber untuk pemantauan perairan pantai dan pelabuhan. Kapal patroli dalam fungsinya sebagai kendaraan pemantauan dan pengawasan harus dapat berpatroli terus menerus. Agar menghemat energi dalam keadaan patroli kapal dapat menggunakan penggerak solar cell. Sedangkan dalam fungsinya sebagai pengejaran kapal harus dapat bergerak cepat. Dalam hal ini penggerak kapal digunakan motor bakar karena motor bakar dapat menggerakkan kapal dengan cepat. Permasalahan yang diangkat dalam perancangan ini adalah bagaimana mendesain bentuk kapal agar dapat mengcover panel surya sebanyak mungkin. Kemudian bagaimana mendesain sistem instalasisolar panel untuk penggerak dan berapa energi dan kecepatan yang dihasilkan kapal patroli pada perancangan ini.

Dengan adanya kapal patroli fiber hibrid diharapkan dapat menggantikan kapal patroli lama yang boros dan dapat encemari perairan dengan yang baru yang hemat dan ramah lingkungan. Selain itu juga diharapkan dapat mengurangi biaya operasional karena bahan bakar yang digunakan lebih sedikit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

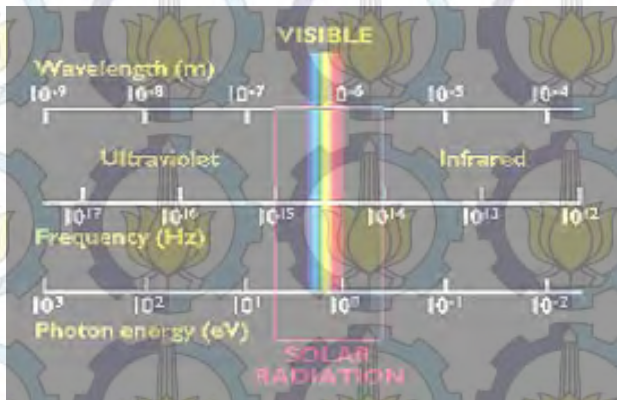
Kapal patroli adalah kapal yang digunakan untuk aktifitas patroli di wilayah perairan.[2] Terdapat beberapa macam jenis kapal patroli yang ada di dunia saat ini yaitu kapal perang patroli baja, kapal patroli perairan pantai, dan kapalpatroli amphi. Masing-masing jenis kapal mempunyai peran dan fungsi sendiri-sendiri.

Solar energi adalah energi yang dihasilkan oleh matahari. Solar cell merupakan jenis energi yang renewable atau energi terbarukan. Energi yang dihasilkan solar cell tidak menimbulkan polusi dan hemat karena bersumber dari energi matahari yang sangat mudah didapat.

Konsep dasar kerja dari solar cell adalah merubah energi cahaya menjadi energi listrik. Solar cell terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran electron. Aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

Bagian utama perubah energi sinar matahari adalah absorber (penyerap) yang merubah energi matahari menjadi listrik. Sedangkan lapisan-lapisan yang lainnya berpengaruh pada efisiensi dari solar cell. Sinar matahari terdiri dari berbagai

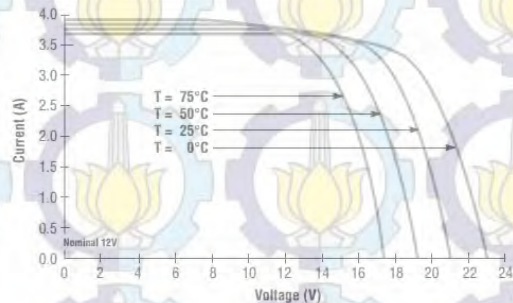
macam gelombang elektromagnetik yang secara spectrum dapat dilihat pada gambar. oleh karena itu absorber diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin solar radiation yang berasal dari cahaya matahari.[2]



Gambar. 1. Spektrum radiasi matahari (Ayu, 2013)

Dalam pemanfaatan cahaya matahari untuk energi perlu diperhatikan juga efisiensinya. Ada beberapa jenis solar cell yang memiliki efisiensi tinggi yang ada di pasaran yaitu Monokristal (*Mono-crystalline*), Polikristal (*Poly-crystalline*), *Thin Film Photovoltaic*, dan lain-lain. [1]

Adapun dalam pengoperasian maksimum sel surya sangat bergantung pada *Ambient air temperature*, Radiasi solar matahari (*insolation*), Kecepatan angin bertiup, Keadaan atmosfer bumi, Orientasi panel atau array PV, dan Posisi letak sel surya (*array*) terhadap matahari (*tilt angle*). [4]



Gambar. 2. Grafik I-V Curve efek suhu terhadap Voltage[4]

Energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik oleh modul akan disalurkan ke charger control untuk mengatur pengisian energi listrik pada baterai. Dari charger controller dapat juga langsung digunakan untuk beban DC atau langsung masuk ke inverter untuk dirubah menjadi arus AC. Energi listrik yang dihasilkan baterai akan dikonversi oleh inverter dari arus searah DC menjadi arus bolak balik AC sehingga dapat dimanfaatkan pada beban. [4]

Agar dapat memperoleh sejumlah voltase atau arus yang dikehendaki, maka umumnya masing-masing sel surya dikaitkan satu sama lain baik secara hubungan seri maupun secara paralel untuk membentuk suatu rangkaian PV yang lazim disebut Modul. Sebuah modul PV pada umumnya terdiri dari 36 cell atau 33 cell, dan 72 cell. Beberapa modul PV dihubungkan untuk membentuk satu rangkaian tertentu disebut PV panel. Sedangkan jika berderet-deret modul PV dihubungkan secara baris dan kolom disebut PV array. [2]

Keterbatasan penyinaran matahari yang tidak selalu bersinar terang setiap hari dapat diatasi dengan menggunakan baterai. Sehingga nantinya energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya dapat disimpan dalam baterai dan digunakan untuk kebutuhan di malam hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan data bahwa sel surya menghasilkan arus listrik paling kuat untuk suplai pada jam 12-13 siang dengan sudut kemiringan optimum sebesar 15 derajat. (ari, 2008).

Supaya solar cell dapat berfungsi dengan baik ada beberapa komponen penunjang yang harus diperhatikan antara lain universal charger control (ucc), inverter, dan baterai.

III. METODOLOGI

Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan meliputi pengumpulan teori-teori mendesain dan spesifikasi – spesifikasi peralatan serta pengumpulan paper yang membahas tentang teknologi solar cell. Selain itu juga dilakukan studi lapangan.

Mendesain Bentuk Kapal Patroli

Pada tahap ini digunakan software maxsurf untuk mendesain bentuk badan kapal. Bentuk badan kapal dibuat sedemikian rupa sehingga dapat bergerak dengan tenaga solar cell dan stabilitasnya baik.

Menghitung Daya dan Kecepatan

Setelah bentuk badan kapal didapat, selanjutnya adalah menganalisa perbandingan daya dan kecepatan dengan bantuan analisa software hullspeed.

Menghitung Luasan Panel Yang Akan Dipasang

Dari ukuran dimensi kapal yang didesain dapat dicari jumlah panel yang dapat dipasang. Kemudian menghitung total daya yang dihasilkan oleh panel tersebut. Sehingga bisa didapatkan kecepatan maksimal kapal yang dihasilkan solar cell.

Mendesain Sistem Instalasi

Pada tahap ini setelah panel dihitung dan didapat juga hasil perbandingan daya dan kecepatan, dapat dirancang sistem instalasi penggerak hibrid agar daya dapat tersalurkan menuju sistem propulsi dan menggerakkan kapal.

Mendesain Rencana Umum

Pada tahap ini setelah semua sistem terinstalasi berikutnya adalah merancang desain rencana umum kapal dimana tata letak peralatan dan kru ditentukan. Peletakan posisi solar panel juga dikerjakan pada tahap ini. Posisi harus sesuai dengan yang diinginkan yaitu solar panel dapat maksimal mendapatkan sinar matahari sebagai sumber daya. Pengaturan letak motor tempel juga dilakukan pada tahap ini.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

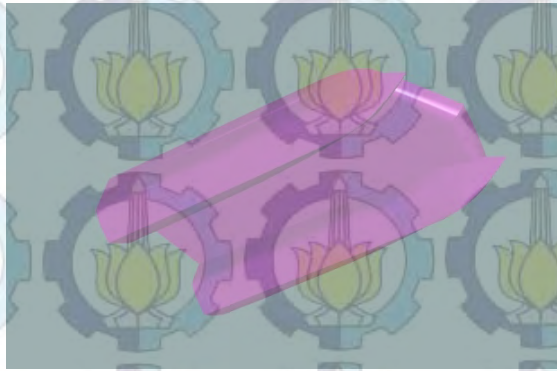
Mendesain Bentuk Kapal

Dalam pengerjaan perancangan ini pertama yang dikerjakan adalah mendesain bentuk kapal. Dalam mendesain kapal patroli dibuat terlebih dahulu lines plan kapal dengan data kapal sebagai berikut.

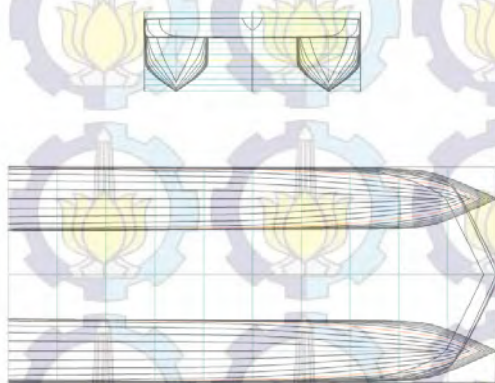
Panjang L : 8 meter
Lebar B : 3.5 meter
Tinggi H : 1.3 meter
Sarat T : 0.5 meter

Mendesain rancangan lines plan kapal digunakan software

maxsurf pro dengan data kapal yang dirancang. Kapal didesain dengan menggunakan 2 lambung yaitu katamaran.



Gambar. 3. Pandangan Isometri Lambung



Gambar.4. Lines Plan Kapal Patroli

Menghitung Luasan Untuk Panel

Menghitung daya maksimal yang dihasilkan solar panel yang terpasang pada kapal patroli, digunakan rumus berikut:

$$\text{Daya Max} = \text{Jumlah Panel} \times \text{Daya Per Panel} [2]$$

Untuk mempermudah dalam pemilihan dibuat tabel perbandingan antara luasan dan daya panel dari tiap-tiap produk solar panel yang tersedia.

Tabel 1.
Perbandingan Daya Solar Panel

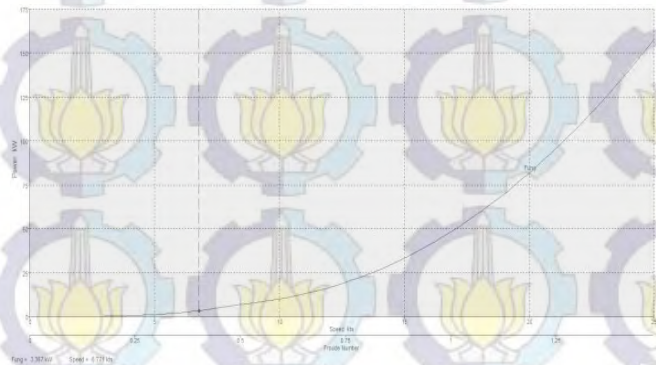
No	Solar Maker	Dimensi	Daya	satuan	jml	Tota l daya
1	Solbian flexCP140L	1523 x 676 mm	144	Watt	18	2592
2	Solbian flexCP140Q	1046 x 996 mm	144	watt	18	2592
3	Solbian flexSP112Q	855 x 800 mm	112	watt	30	3360
4	Solbian flexSP125	1365 x 546 mm	125	watt	25	3125
5	Astronergy CHSM 6612P-305	1956 x 994 mm	304	watt	10	3040

Pada tabel diatas didapat spesifikasi solar panel yang sangat cocok dengan desain kapal ini adalah solar panel dengan merk solbian flex SP112Q.

Menghitung Kecepatan Operasional dan Maksimal Kapal Pada Kondisi Patroli

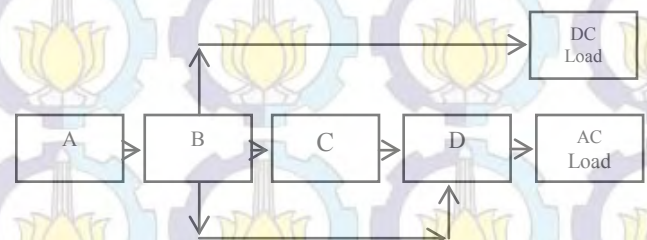
Untuk Kondisi Patroli kapal direncanakan bergerak dengan kecepatan 6 knot saja. Dengan menggunakan software hullspeed bisa dicari Tahanan, Daya dan Kecepatan Kapal Patroli dengan penggerak tenaga matahari. Perbandingan antara daya dan kecepatan kapal dapat dilihat pada Grafik Power-Speed. Untuk dapat bergerak pada kecepatan ini, kapal membutuhkan daya sebesar 2.17 kW yang didapat nilainya dari grafil power speed hullspeed.

Setelah didapat daya maksimal dari panel, maka dapat dihitung dan dianalisa kecepatan maksimal dari kapal untuk menggunakan energi matahari. Dari hasil analisa hullspeed didapat pada daya 3.36 kW kecepatan kapal patroli dengan menggunakan solar cell maksimal 6,77 knot.



Gambar. 5. Grafik Power - Speed

Dalam Perancangan ini, pada kapal patroli, digunakan penggerak berupa motor tempel. Motor tempel yang digunakan ada 2 jenis yaitu motor tempel listrik dan motor tempel otto. Motor tempel listrik mendapatkan sumber energi dari listrik yang dihasilkan oleh sistem solar cell. Sedangkan untuk motor tempel otto sumber energi yang didapat adalah dari bahan bakar fosil yaitu bensin.



Gambar. 6. Diagram Block Sistem Solar Cell

A: Solar Module; B: Charge Controller; C: Baterai; D: inverter

Merancang Rangkaian Panel

Panel harus dirancang sedemikian rupa agar *output* dari seluruh panel dapat memenuhi kebutuhan *input* pada motor listrik.[3] Dalam perancangan ini digunakan motor listrik AquaWatt dengan spesifikasi nominal voltage 48 volt, arus maksimal 240 ampere, dan daya 23 knot.

Angka yang harus terpenuhi agar motor listrik dapat beroperasi dengan baik adalah;[5]

Nominal Voltage : 48 Volts

Current Max : maksimal 240 Amp

Rangkaian paralel dibuat seri dan paralel dengan cara sebagai berikut:

Menghitung jumlah Rangkaian seri yaitu dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} n \text{ panel 1 Rangkaian Seri} &= V \text{ motor} / V \text{ Solar Panel} \\ &= 48 / 24 \\ &= 2 \text{ panel} \end{aligned}$$

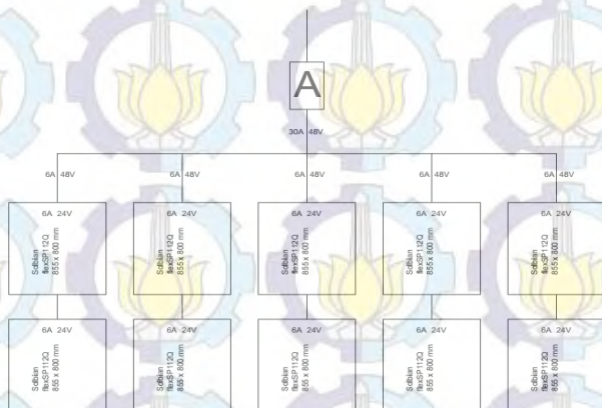
Pada perancangan ini, 2 panel seri diparalel dengan 5 panel seri lainnya sehingga total 1 set rangkaian modul adalah 10 panel. Dan untuk total rangkaian modul nya adalah

$$\begin{aligned} \text{Jumlah rangkaian modul} &= \text{Jumlah panel total} / 4 \\ &= 30 / 10 \\ &= 3 \text{ set rangkaian modul} \end{aligned}$$

Jadi total rangkaian modul adalah 3 rangkaian modul dengan masing-masing 2 panel dirangkai seri yang diparalelkan dengan 5 panel lain yang dirangkai seri juga.

$$\begin{aligned} I \text{ output 1 modul} &= I \text{ panel} \times n \text{ rangkaian paralel per modul} \\ &= 6A \times 5 \\ &= 30 A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I \text{ output total} &= I \text{ output modul} \times \text{jumlah modul} \\ &= 30 A \times 3 \\ &= 90 A \end{aligned}$$



Gambar. 7. Susunan Rangkaian Solar Panel

Perhitungan Charge Controller

Charge Controller berfungsi untuk mengontrol aliran arus dari susunan modul solar cell ke pengisian dan melindungi dari tingkat pengisian yang diperbolehkan, mencegah dari kejadian pengisian berlebihan atau kekurangan.[2] Kerja dari *charge controller* yaitu:

Charging mode: Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh).

Operation mode: Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai kosong).

Pada perancangan ini, antara *charge controller* dengan rangkaian solar panel harus disesuaikan sedemikian rupa sehingga kebutuhan tegangan, arus, dan daya yang diberikan solar panel sesuai dengan yang diminta oleh *charge controller*. Arus pada 1 set rangkaian solar modul adalah 30 Ampere. Untuk pemilihan *charge controller*, diberikan penambahan sebesar 25% dari arus biasanya untuk menjaga adanya kemungkinan panel menghasilkan tenaga lebih dari biasanya yang karena disebabkan oleh adanya refleksi sinar matahari atau cuaca lebih cerah dari biasanya. Maka arus yang digunakan adalah minimal:

$$30 \text{ Ampere} + (30 \text{ Ampere} \times 0.25) = 37.5 \text{ Ampere}$$

Spesifikasi *charge controller* yang digunakan pada perancangan ini adalah:

Merk : Tristar MPPT (TS-MPPT-45)
Max Battery Current : 45 Ampere
Nominal Solar Input : 48 Volt
Battery Operating Volt : 8 – 72 Volt DC
Self Consumption : 2.7 Watt

1 (satu) *charge controller* dapat mengcover 10 panel surya yang dirangkai seri dan paralel. Jumlah *charge controller* yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Charger (n)} &= \text{Jumlah Panel} / 10 \\ &= 30 / 10 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Jadi total jumlah *charge controller* yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 unit.

Arus Output Charge Controller

$$\begin{aligned} I &= \text{Arus Panel seri} \times 5 \\ &= 6 \text{ Ampere} \times 5 \\ &= 30 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Arus Output Total Charge Controller

$$\begin{aligned} I \text{ total} &= I \times \text{Jumlah charger (n)} \\ &= 30 \text{ Ampere} \times 3 \\ &= 90 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Daya maksimal yang dihasilkan charge controller

$$\begin{aligned} \text{Daya (P)} &= I \text{ total} \times V \text{ output} \\ &= 90 \text{ Ampere} \times 48 \text{ volt} \\ &= 4320 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perancangan Sistem Baterai

Baterai digunakan untuk menyimpan daya yang dihasilkan solar cell. Daya yang disimpan baterai dialokasikan untuk mesin bantu kapal patroli dan juga motor penggerak utama. Daya yang dihasilkan solar cell adalah 3360 watt. Untuk menjaga agar kecepatan tetap stabil dengan jangka waktu yang lama, maka diasumsikan daya yang akan digunakan sebesar 80% dari daya sebenarnya.

$$80\% \times 3360 \text{ watt} = 2688 \text{ watt}$$

Panel solar cell ini digunakan selama 10 jam antara pukul 07.00 – 17.00 dan juga digunakan untuk mengisi baterai untuk suplai daya. Untuk menentukan jumlah baterai yang digunakan yaitu digunakan rumus berikut:[3]

$$\begin{aligned} \text{Daya baterai min} &= \text{Daya operasional} \times \text{Lama operasional} \\ &= 2688 \times 10 \\ &= 26880 \text{ watt} \\ \text{AH required} &= \text{Daya Baterai min} / \text{Tegangan} \\ &= 26880 / 48 \\ &= 560 \text{ AH} \end{aligned}$$

Pada perancangan ini baterai yang digunakan adalah baterai jenis AGM merk solar one tipe B250 CA dengan tegangan 12 volt dan AH sebesar 212 Total Baterai yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} N \text{ baterai} &= \text{AH required} / \text{AH baterai} \\ &= 560 / 212 \\ &= 2.64 \approx 3 \end{aligned}$$

Tegangan pada motor tempel adalah 48 volt untuk penggunaan baterai AGM sedangkan tegangan baterai adalah 12 volt. Maka untuk memenuhi tegangan yang diminta oleh motor, baterai dirangkai seri dengan jumlah:

$$\begin{aligned} N_{\text{series}} &= V_{\text{motor}} / V_{\text{baterai}} \\ &= 48 / 12 \\ &= 4 \end{aligned}$$

Total jumlah baterai adalah $3 \times 4 = 12$ unit

Jadi total jumlah baterai yang digunakan agar dapat memenuhi AH *required* dan Tegangan yang diminta motor adalah 12 baterai dengan susunan 3 rangkaian paralel dan 4 rangkaian seri.

Perhitungan Inverter

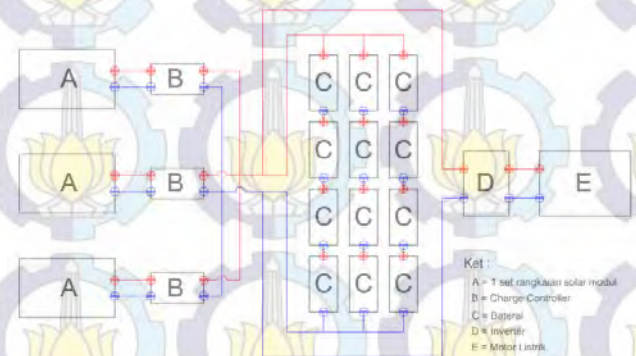
Arus yang dihasilkan solar modul adalah DC. Inverter digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Untuk menentukan jumlah inverter, digunakan rumus berikut:[3]

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Daya yang Dihasilkan}}{\text{Daya inverter}}$$

Tegangan inverter yang dipilih adalah 48 volt dengan merk Latronics Sine Wave. Daya yang dapat dihandel adalah 3360 watt. [3]

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Inverter} &= \frac{3360}{3500} \\ &= 0.96 \approx 1 \end{aligned}$$

Jadi jumlah inverter yang digunakan adalah sebanyak 1 unit.



Gambar.8. Rangkaian Listrik Solar Cell

Menentukan Motor Tempal Otto

Pada perancangan ini kapal didesain menggunakan 2 kecepatan yaitu kecepatan patroli dan kecepatan pengejaran. Untuk kecepatan patroli kapal didesain dengan kecepatan 6 knot dengan menggunakan daya yang dihasilkan solar cell dengan penggerak motor listrik seperti perhitungan dan perancangan sebelumnya. Untuk kecepatan pengejaran direncanakan kecepatan high speed minimal 25 knot dengan daya yang diperlukan adalah 157.73 kW yang didapat pada grafik power – speed pada gambar. 5.

Dari spesifikasi motor tempel otto yang tersedia dipasaran, dipilih motor dengan merk Honda dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Spec: Honda Outboard Engine BF 115
- Stroke : 4 (four Stroke)
- Power : 115 hp (85.76 kW) @5250 rpm
- RPM : 4500 - 6000 rpm

Jumlah motor yang digunakan adalah 2 buah.

Menentukan Alat Navigasi Dan Penerangan

Alat navigasi merupakan suatu alat yang sangat penting dalam menentukan arah kapal karena kondisi kapal adalah berada di perairan yang tidak memiliki jalur yang terlihat kecuali dengan bantuan alat navigasi. Sedangkan alat komunikasi kapal digunakan untuk berhubungan antar awak kapal, kapal dengan kapal atau dengan pelabuhan dan pantai sekitar. Alat-alat navigasi dan komunikasi yang digunakan pada kapal ini dapat dilihat di tabel 2.

Tabel.2.
Daya Alat Navigasi Komunikasi

No	Nama Peralatan	Merk/Type	Daya	n	total
1	Magnetic Compas	Lange	15	1	15
2	Radar	IC MR 1000 R11	60	1	60
3	GPS	MARINE MX 535	12.5	1	12.5
4	Radio Equipment	Sailor RT 5022	30	1	30
Daya total keseluruhan					117.5

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan untuk alat-alat navigasi adalah sebesar 117.5 watt.

Alat-alat penerangan berfungsi untuk membantu dalam penerangan dan membarikan sinyal atau tanda secara visual. Alat-alat penerangan yang digunakan pada kapal ini adapat dilihat pada tabel. 3.

Tabel. 3.
Data Alat Penerangan

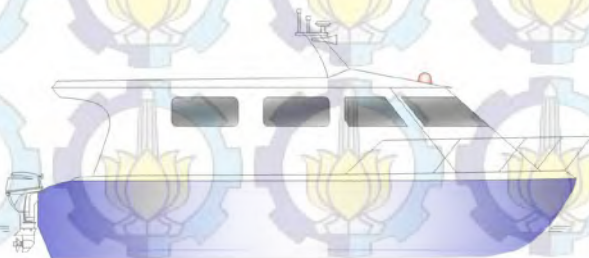
No	Nama Peralatan	Merk/Type	Daya	n	Total
1	Lampu Navigasi	HELLA	25	2	50
2	Lampu Sorot	PERCO	100	1	100
3	Lampu Sirine	Rotary Light 1212 18w	18	1	18
4	Lampu Cabin	Ultraled MR16DC	4	4	16
Daya total Keseluruhan					184

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan untuk alat-alat penerangan adalah sebesar 184 watt.

Total daya yang dibutuhkan untuk keperluan navigasi, komunikasi dan Penerangan adalah sebesar 301.5 watt.

Mendesain Rencana Umum Dan Tata Letak Solar Panel

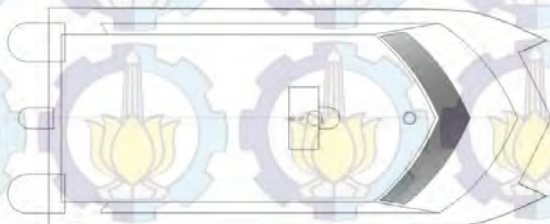
Dalam mendesain rencana umum harus memperhatikan letak peralatan yang diperlukan kapal dan ruangan yang dibutuhkan untuk awak kapal. Pada rencana umum kapal didesain dengan beberapa pandangan yaitu pandangan membujur dan melintang, pandangan atas, dan pandangan atas bagian deck. Gambar rencana umum dapat dilihat pada gambar.9. (a), (b), (c), dan (d).



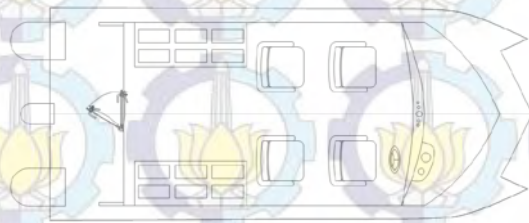
(a) Pandangan membujur



(b) Pandangan melintang



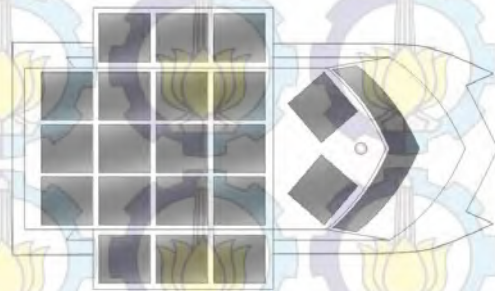
(c) Pandangan atas



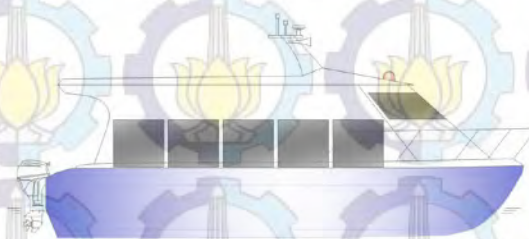
(d) Pandangan atas bagian deck

Gambar. 9. Desain Rencana Umum Kapal patroli

Pada perancangan tahap ini solar panel diletakkan di posisi yang strategis terkena sinar matahari dan disesuaikan dengan tempat luasan yang ada. Gambar peletakan solar panel dapat dilihat pada gambar. 10. (a) dan (b).



(a) Letak solar panel atas



(b) Letak solar panel samping

Gambar. 10. Letak Solar Panel Pada Kapal Patroli

V.KESIMPULAN

Untuk menggerakkan kapal patroli yang diancang dengan dimensi Panjang L : 8 meter; Lebar B : 3.5 meter; Tinggi H:1.3 meter; Sarat T: 0.5 meter dengan kecepatan patroli 6 knot membutuhkan daya sebesar 2 ,170 kW yang didapat dari tenaga surya yang dihasilkan solar cell dengan daya maksimal 3,36 kW. Untuk menggerakkan kapal pada kecepatan pengejaran 25 knot dibutuhkan daya sebesar 157,73 kW dan didapat dari motor tempel otto dengan daya yang dihasilkan maksimal 171,52 kW. Beban daya keperluan alat navigasi dan komunikasi sebesar 0,301 kW dan diambil dai daya solar cell. Diharapkan untuk penyempurnaan desain selanjutnya dianalisa juga faktor konstruksi, stabilitas dan ekonomi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih lab MMD Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan fasilitas dalam pengerjaan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. P. Irawan, “*Studi Awal Pengembangan Kapal Ikan Katamaran Dengan Penggerak Hibrid*,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [2] S. Ayu, “*Perancangan Prototype KABM (Kendaraan Amphibi Bertenaga Matahari)*,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.
- [3] S. Sardono, “*Diktat Perencanaan Listrik Kapal*,” Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS, Surabaya, 1995.
- [4] *Solar Cell Catalogue MSX-60 and MSX-64 Photovoltaic Modules*, Solarex, 1998.
- [5] Aquawatt Catalogue Electric Outboard Engine Brochure 1-2014.